

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

А. С. ПЕККИ, В. И. РАЗОРЕНОВА

**МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ПОЛЕВОШПАТОВОГО
СЫРЬЯ КАРЕЛИИ**

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
КАРЕЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
Институт геологии

Труды

Выпуск 38

А. С. ПЕККИ, В. И. РАЗОРЕНОВА

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ КАРЕЛИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Ленинградское отделение
ЛЕНИНГРАД • 1977

Месторождения полевошпатового сырья Карелии. П е к к и А.С.,
Р а з о р е н о в а В.И., Л., „Наука“, 1977. 152 с.

В книге обобщены результаты научно-исследовательских и геологоразведочных работ по изучению минерально-сырьевой базы полевошпатовой промышленности. На основе разработанной авторами геолого-промышленной классификации приводится характеристика промышленных типов месторождений полевошпатового сырья. Главное внимание в книге уделено описанию месторождений Карелии. Приведены сведения об изученности, геологическом строении, качестве и запасах полевошпатового сырья по месторождениям гранитных пегматитов и новых эффективных источников калиевого и высококалиевого сырья – гранитов рапакиви и кислых вулканогенных пород, показана их народно-хозяйственная значимость для удовлетворения потребностей основных отраслей промышленности страны. Лит. – 109 назв., ил. – 21, табл. – 19.

Ответственный редактор В.И. ТЕРНОВОЙ

Александр Степанович П е к к и, Валентина Ивановна Р а з о р е н о в а

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ КАРЕЛИИ

Утверждено к печати

Институтом геологии Карельского филиала АН СССР

Редактор издательства Н.П. Скорынина. Художник Я.В. Таубвурцель
Технический редактор Е.В. Кирилина. Корректор Л.Б. Жукоборская

Подписано к печати 9/XI 1977 г. Формат 60х90 ¹/₁₆. Бумага № 1.
Печ. л. 9¹/₂ + 1 вкл. (1¹/₂ печ. л.) 10=10 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 10,68.
Изд. № 6566. Тип. зак. № 737, М-44104. Тираж 800. Цена 1 р. 10 к.

Ленинградское отделение издательства „Наука“

199164, Ленинград, В-164, Менделеевская линия, д. 1

1-я тип. издательства „Наука“, 199034, Ленинград, В-34, 9 линия, д. 12

П 20804-654
055(02)-77 -264-77

© Издательства „Наука“, 1977



Рассматриваемая работа написана известными специалистами в области геологии и оценки месторождений полевошпатового сырья и представляет собой первое и достаточно полное обобщение широких и комплексных исследований, проведенных за последние 15–20 лет Северо-Западным территориальным геологическим управлением, Карельским филиалом АН СССР и другими организациями.

Карелия издавна славилась своими керамическими пегматитами, которые и сегодня служат главным источником получения высококачественного микроклинового сырья, пригодного для производства самых ответственных изделий – высоковольтных фарфоровых изоляторов, фарфоровой и фаянсовой посуды, глазури и т.п.

Авторы с исчерпывающей полнотой раскрывают то необычное многообразие природных и промышленных типов пегматитов, которое характерно для Карелии, показывают их геологическую позицию, масштабы, внутреннее строение, дают качественную характеристику, указывают области возможного применения сырья, приводят состояние разведанных запасов и оценивают перспективы их прироста. Все это может служить хорошей основой для планирования развития геологических исследований и полевошпатовой промышленности в Карелии.

Однако ценность монографии этим не исчерпывается. Наряду с пегматитами в ней впервые рассмотрены новые типы месторождений керамического сырья – граниты рапакиви и разнообразные вулканы, запасы которых в Карелии практически не ограничены.

Авторы убедительно показывают, что сырье новых месторождений по своему качеству не уступает, а по некоторым параметрам даже превосходит сырье из традиционных пегматитовых месторождений. Условия же разработки новых месторождений неизмеримо благоприятнее. Все это указывает на реальные перспективы расширения производства керамического сырья в Карелии с одновременным снижением его стоимости. Согласно приведенным авторами в заключительной главе данным, себестоимость получения высококалийного сырья из новых месторождений на 10–20% ниже себестоимости равноценного сырья из пегматитов. Экономическая эффективность новых типов месторождений может быть значительно увеличена за счет использования их главного преимущества – возмож-

ности создания крупных, высокомеханизированных предприятий, на многие годы обеспеченных запасами сырья постоянного качества. Как показывает зарубежный опыт, себестоимость продукции на таких объектах может быть снижена в 4–5 и более раз по сравнению с себестоимостью продукции из пегматитовых жил, с небольшими запасами, с обычно непостоянным качеством, разработка которых пока еще производится с широким использованием ручной рудоразборки.

Следовало бы особо подчеркнуть необходимость первоочередного освоения таких объектов, где добыча керамического сырья может производиться попутно, в порядке комплексного освоения намеченных уже к эксплуатации минеральных богатств Карелии. В частности, к таким объектам, безусловно, относится Костомукшское железорудное месторождение, во вскрыше которого в большом количестве имеются вулканиты, пригодные для производства полевошпатового сырья. Освоение вулканитов Костомукши – неотложная и ближайшая задача промышленности.

В целом рассматриваемая работа безусловно интересна, своевременна и полезна. Она вооружает геологов важным справочным материалом, оценкой перспектив развития геологоразведочных работ и керамической промышленности.

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор Ленинградского Горного
института лауреат Ленинской премии
Терновой В.И.

Полевошпатовым сырьем принято называть различные алюмосиликатные породы (и концентраты из них — кварц-полевошпатовые, полевошпатовые, нефелин-полевошпатовые), которые используются в качестве флюсующего компонента в составе керамических масс, глазурей и эмалей и как глиноземный, отчасти щелочной, компонент в составе шихты при стекловарении.

Полевые шпаты и фельдшпатоиды являются широко распространенными минералами в магматических, метаморфических и осадочных породах, однако промышленное извлечение их возможно и экономически целесообразно лишь из относительно небольшого количества генетических типов пород, развитых в определенных геологических провинциях, как правило, удаленных от предприятий потребителей на многие сотни и тысячи километров. В течение многих десятилетий до Великой Октябрьской революции полевошпатовое сырье для фарфоровых заводов России импортировалось из Скандинавских стран.

В первые же годы после установления Советской власти началась добыча крупнокристаллического полевого шпата (микроклин-пертита) на месторождениях пегматитов Северной Карелии. И до настоящего времени Карелия традиционно является одним из главных поставщиков полевошпатового сырья для предприятий страны, хотя относительная роль ее за более чем 50-летний период при неуклонном увеличении абсолютных значений добычи снизилась с 85-90 до 35-40%.

Полевошпатовое сырье поставляется потребителям в кусковом и молотом виде, более или менее обогащенное путем ручной сортировки, электромагнитной сепарации и флотации.

Длительное время в стране отмечается тяжелое положение со снабжением предприятий калиевым и высококалиевым полевошпатовым сырьем.

Основной причиной такого положения, по нашему мнению, является то, что до сего времени добыча сырья производится только на месторождениях дифференцированных пегматитов, где весьма сложно механизировать и автоматизировать технологические процессы.

Основоположники изучения сырьевой базы полевошпатовой промышленности акад. Д.С. Белянкин, проф. П.А. Борисов и некоторые

другие исследователи еще в начале 30-х годов указывали на необходимость изучения и освоения более эффективных источников полевошпатового сырья, чем дифференцированные пегматиты, запасы которых уже в то время представлялись ограниченными.

Однако по ряду объективных и субъективных причин и в довоенное время, и в первые годы после Великой Отечественной войны почти все исследования и геологоразведочные работы были направлены на изучение пегматитов. Лишь в последние 15-20 лет научно-исследовательские, поисковые и разведочные работы на территории Карелии ориентировались как на изучение месторождений пегматитов с целью совершенствования сырьевых баз действующих предприятий, так и на выявление новых источников полевошпатового сырья.

Эти работы выполнялись сотрудниками Института геологии Карельского филиала АН СССР, Северо-Западного территориального геологического управления и некоторых других организаций, как правило, в тесном контакте и по согласованным планам. Особое внимание было уделено выявлению пород, пригодных для получения высококальциевых полевошпатовых концентратов.

Растущие потребности основных отраслей народного хозяйства страны в полевошпатовом сырье различного состава и, как показали исследования, наличие крупных месторождений пегматитов, а главное, выявленные новые источники сырья (граниты, кислые вулканогенные породы и др.) позволили авторам прийти к выводу, что основным поставщиком полевошпатового сырья для центральных и северо-западных областей Российской Федерации, Белоруссии и Прибалтийских республик должна оставаться Карелия.

В связи с этим авторы попытались обобщить имеющиеся материалы по месторождениям полевошпатового сырья как основы для дальнейшего изучения и эффективного освоения минерально-сырьевой базы. При этом учтены не только результаты собственных исследований, но и литературные данные, а также отчеты, сводки, кадастры, решения различных совещаний и конференций.

Авторы благодарят за большую помощь в работе своих коллег — Т.К. Кулмала, Л.С. Скамницкую, Ю.И. Белова, Г.С. Богуславского, Э.С. Махновецкого, А.Э. Энглунд и др. Особую признательность авторы выражают профессорам Ленинградского горного института А.В. Скропышеву и В.И. Терновому за полезные советы и помощь в работе по полевошпатовой проблеме, а также и при подготовке книги к изданию.

ПОЛЕВОШПАТОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КАРЕЛИИ И ЕЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА

КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

В истории изучения и освоения месторождений полевошпатового сырья условно можно выделить три периода.

Первый период охватывает время от 20-х годов до Великой Отечественной войны. В этот период интенсивно развивалась добыча кускового микроклина, отчасти микроклинового пегматита и кварца на месторождениях, представленных жилами гигантозернистого дифференцированного строения, известных в северной Карелии еще с XV в. При этом и изучение, и разработка пегматитов производилась комплексно: на слюду-мусковит и полевошпатовое сырье. Особенно это практиковалось после организации в 1934 г. треста „Союзслюдкомбинат“. Большой вклад в дело изучения пегматитов Беломорья в довоенные годы внесли Д.С. Белянкин, П.А. Борисов, Г.Н. Бунтин, И.И. Гинзбург, М.Б. Григорович, П.К. Григорьев, Л.А. Косой, А.Н. Лабунцов, В.Г. Пресман, Н.Г. Судовиков, В.А. Токарев, А.Е. Ферсман и др. В этот период были выявлены, изучены и поставлены на службу народному хозяйству такие знаменитые месторождения керамических и слюдяно-керамических пегматитов, как им. Чкалова, Попов Наволок, 8 Марта, Черная Салма, Кривое озеро, Хетоламбино, Панфилова Варака и др. Высококачественный полевошпат, добывавшийся в количестве до 40–60 тыс. т. в год, предназначался не только для удовлетворения потребностей отечественных предприятий фарфорово-фаянсовой промышленности, но в значительных количествах экспортировался в западноевропейские страны, главным образом в Германию, на всемирно известные Мейсенские фарфоровые заводы.

Несмотря на большое количество выявленных месторождений, уже в это время крупнейшие специалисты (П.А. Борисов, Д.С. Белянкин, И.И. Гинзбург и др.) указывали на ограниченность запасов гигантозернистых дифференцированных пегматитов. В связи с этим в Карелии проведено несколько совещаний по полевошпатовому сырью, где было рекомендовано использовать наряду с чистым мономинеральным микроклином микроклиновый и плагио-микроклиновый пегматиты. Для централизованного снабжения молотым сырьем в 1935 г. построен помольно-обогащительный завод в г. Кондопоге. Сырьем для завода служили пегматиты, добываемые на месторождениях в Северной Карелии.

В период Великой Отечественной войны завод в г. Кондопоге был разрушен, но добыча кускового пегматита и снабжение им предприятий не прекращались, хотя и сократились до десятка тысяч тонн в год.

Материалы по изучению и освоению месторождений полевошпатового сырья Карелии, накопленные в довоенное время, были обобщены П.А. Борисовым [11].

Второй период (послевоенные годы) характеризуется интенсивным ростом добычи кускового полевошпатового сырья (микроклина и пегматита) на месторождениях Карелии, Кольского полуострова, Урала, Украины и Сибири. Ежегодный прирост добычи достигал 15–20%. Однако потребности в этом сырье возрастали значительно быстрее. Начался, по выражению П.А. Борисова, „хронический полевошпатовый голод“.

Напряженное положение с обеспечением различных отраслей народного хозяйства полевошпатовым сырьем потребовало усиления исследовательских работ по выяснению закономерностей пространственного размещения пегматитовых полей, зон и месторождений, изучения внутреннего строения и минерального состава пегматитовых жил и технологических особенностей сырья.

Прерванное войной изучение пегматитов Северной Карелии было продолжено в послевоенное время силами сотрудников Северной экспедиции треста „Ленгеолнеруд“ (с 1958 г. Северо-Западное территориальное геологическое управление), Ленинградского горного института, Лаборатории геологии и геохронологии докембрия АН СССР и некоторых других организаций.

Большой вклад в дело изучения геологии Беломорья и керамических пегматитов, в частности, в этот период внесли Б.Я. Алексеев, П.П. Боровиков, Н.В. Горлов, И.Н. Едовин, В.И. Едовин, Д.Т. Мишарев, В.Д. Никитин, Б.И. Ревнов, Ю.Е. Рыцк, Л.Я. Сидоренко, А.В. Скропышев, В.С. Смирнова, Н.И. Холодок, Е.П. Чуйкина, К.А. Шуркин, В.А. Шустов, А.Э. Энглунд, Н.В. Янковская и многие другие.

Геофизические методы поисков пегматитовых месторождений разрабатывались М.И. Голодом, А.И. Ивановым, Г.Ш. Меламедом, вопросы гидрогеологии – З.Г. Гореликом, В.Г. Смолиным и др.

С первых послевоенных лет началось интенсивное изучение пегматитовых месторождений Приладожья. Работы по геологическому изучению района и месторождений выполнялись сотрудниками Карельской базы (Карельского филиала) Академии наук СССР, Ленинградского горного института и треста „Ленгеолнеруд“ (П.П. Боровиков, В.И. Герасимовский, В.Д. Никитин, С.А. Руденко, Е.В. Свирская, К.А. Шуркин, и др.), исследования обогатимости сырья производились в лабораториях „Механобр“ и Ленинградского горного института (Д.И. Французов, Я.М. Якубовский), а керамические испытания концентратов – в лабораториях Карельской базы АН СССР и Государственного исследовательского керамического института (З.Т. Митрофанова, Г.П. Филинцев) [11, 12, 93, 98].

Этими творческими коллективами, работавшими в содружестве под общим руководством проф. П.А. Борисова, за короткое время были изучены и переданы для промышленного освоения крупнейшие месторождения пегматитов Приладожья (Серая Горка, Красная Горка, Хепониemi и др.). На базе разведанных месторождений в 1947 г. было организовано Приладожское рудоуправление, ставшее важным поставщиком полевошпатового сырья. К этому времени в число главных потребителей полевошпатового сырья выдвинулась стекольная промышленность, а поставщиком для этого нового потребителя стал восстановленный после войны Кондопожский пегматитовый завод. В качестве новой сырьевой базы для последнего было разведано месторождение Брусничное (Улягское пегматитовое поле).

Таким образом, наряду с месторождениями дифференцированных пегматитов источниками полевошпатового сырья становятся месторождения недифференцированных пегматитов и по существу пегматоидных гранитов. Если гигантозернистые пегматиты можно обогащать путем ручной сортировки, то недифференцированные пегматиты и гранит-пегматиты требуют индустриального (электромагнитного или флотационного) обогащения. Для этого необходимо строительство специализированных горнообогатительных предприятий.

Важным вкладом в дело развития исследований и освоения месторождений полевошпатового сырья явилась монография П.А. Борисова [12]. В этой работе наряду с традиционными источниками сырья — пегматитами — дана более или менее подробная характеристика месторождений различных горных пород, перспективных и потенциально пригодных для использования в качестве новых видов полевошпатового сырья.

Из иностранной литературы и статистических данных было известно, что многие зарубежные страны, даже имеющие значительные запасы пегматитов, во все возрастающих количествах используют в качестве источников полевошпатового сырья различные алюмосиликатные породы (пески, граниты, кислые и щелочные вулканиды, нефелиновые сиениты и др.). Зарубежный опыт свидетельствует, что эти породы имеют большие преимущества перед пегматитами, так как их химический состав более выдержанный, а по запасам отдельные месторождения могут быть очень крупными. Следовательно, процессы добычи и переработки сырья можно полностью механизировать и автоматизировать, что обеспечивает получение высококачественных концентратов с постоянным составом и по более низкой себестоимости, чем из пегматитовых жил.

Монография П.А. Борисова послужила своеобразным толчком для интенсивного геологического и технологического изучения различных горных пород на территории страны. За относительно короткий срок были выявлены, изучены геологически и технологически месторождения аплитов и альбититов, лейкократовых гранитов и аляскитов, кислых вулканидов и их метаморфических производных (серицитовых сланцев и „фарфоровых камней“), нефелиновых щелочных сиенитов, аркозов, кварц-полевошпатовых песков и „щелочных каолинов“.

Результаты геологических исследований по выявлению новых источников полевошпатового сырья обобщены в монографии В.И. Магидовича [41], а исследований по обогащению полевошпатового и кварцевого сырья – в работах И.Н. Архангельской, В.И. Выменец [4], В.И. Ревнивцева и Р.Ф. Афанасьевой [71].

Третий период (начало 60-х годов – настоящее время) характеризуется интенсивным развитием производства молотых полевошпатовых и кварц-полевошпатовых концентратов не только из пегматитов, но и других пород, главным образом, в Средней Азии, на Урале и в Сибири. В начале 60-х годов введена в строй Лянгарская помольно-обогащительная фабрика (ПОФ), начавшая выпуск флотационных кварц-полевошпатовых концентратов из гранитов Карич-Сайского месторождения, открыты полевошпатовые цеха на Вишнегорском и Забайкальском предприятиях, где перерабатываются отвальные хвосты обогащения рудных ископаемых, увеличил поставки нефелиновых сиенитов комбинат „Апатит“.

В Карелии в это время возрастает производство кварц-полевошпатового сырья на Кондопожском заводе, сырьевой базой которого стало месторождение гранит-пегматитов Лупикко. Однако для фарфорово-фаянсовой, электроизоляционной и абразивной отраслей промышленности, потребляющих полевошпатовое сырье существенно микроклинового состава, по-прежнему продолжается полукустарная добыча кускового материала из пегматитовых жил дифференцированно-го строения, главным образом Чупино-Лоухского поля и Приладжья.

В 1968 г. введена в строй Чупинская ПОФ, основной сырьевой базой которой являются месторождения пегматитов Северной Карелии. Строительство Чупинской ПОФ, ввиду ее небольшой мощности не решило полевошпатовой проблемы, и положение со снабжением промышленности калиевым сырьем остается тяжелым.

Технический прогресс обуславливает все более широкое применение высококачественных строительных материалов и изделий, производимых по керамической и стекольной технологии, т.е. содержащих в своем составе тот или иной вид полевошпатового сырья. За последние 15–20 лет наиболее интенсивно растет потребление полевошпатового сырья в промышленности строительной керамики (для производства облицовочных плиток, санитарно-технических изделий), в стекольной промышленности для стеклотары, листового стекла (строительного и технического для автомашин) и электровакуумных стеклянных изделий. Из новых отраслей потребления полевых шпатов все большее значение приобретает производство синтетических полимерных и латексных материалов, где полевошпатовое сырье служит наполнителем.

Предприятия-потребители полевошпатового сырья расположены на территории СССР весьма неравномерно. Преобладающая часть их концентрируется в северо-западных и центральных областях европейской части Российской Федерации, в Прибалтийских республиках, на Украине и в Белоруссии. Ближайшими минерально-сырьевыми базами для них являются месторождения Карелии.

Производство электрокерамических изделий увеличивается главным образом за счет расширения и роста производительности действующих предприятий в Северо-Западном, Центральном и Уральском экономическом районах и на Украине.

ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К КАЧЕСТВУ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

Полевошпатовое сырье, применяемое в народном хозяйстве, имеет существенно различные назначения: в одних случаях оно используется в качестве плавня, в других – как глиноземный и (или) щелочной компонент, в-третьих – инертный наполнитель. Многообразие потребителей, использующих разные стороны свойств полевошпатового сырья, обуславливает и многообразие лимитируемых показателей качества как по минеральному и химическому составам, так и по степени измельчения.

В практической деятельности качество разных видов полевошпатового и кварц-полевошпатового сырья, точнее, качество продукции различных полевошпатовых предприятий для основных потребителей, регламентируется соответствующими техническими условиями. В свою очередь качество горных пород или так называемой полевошпатовой руды, предназначенной для производства полевошпатовых и кварц-полевошпатовых концентратов, оценивается по результатам лабораторных и полупромышленных испытаний. Поскольку наиболее сложной является проблема разделения полевошпатовых концентратов на калиевые и натровые фракции, предпочтительными являются породы, обеспечивающие получение остродефицитных высококалиевых полевошпатовых концентратов по простым технологическим схемам.

В стекольной промышленности для различных видов продукции применяются полевошпатовые (нефелин-полевошпатовые) концентраты и необогащенные горные породы с различными содержаниями главных компонентов, обычно без ограничения в соотношении щелочных окислов (K_2O и Na_2O). Наиболее вредным является содержание окислов железа [табл. 1]. Заключение о пригодности пород каждого нового месторождения для того или иного производства оценивается по результатам полупромышленных испытаний. Это обусловлено тем, что технологические особенности сырья зависят не только от химического, но и минерального состава сырья, структуры и некоторых других факторов [32].

Для производства эмалей, представляющих собой покрытия металлов стеклообразным силикатным материалом, требуется полевошпатовое сырье в общем такого же состава, как для листового стекла и стеклотары.

В керамической промышленности полевошпатовое сырье используется в качестве плавня. Полевые шпаты составляют от 20 до 40% состава керамической массы. Имея более низкую темпера-

Т а б л и ц а 1

Требования стекольной промышленности
к химическому составу кварц-полевошпатового сырья
(ГОСТ 13451-68)

Марка сырья	Содержание, %		
	Fe_2O_3 , не более	$K_2O + Na_2O$, не менее	SiO_2 , не более
КПС-1	0.2	7	75
КПС-2	0.4	7	75
КПС-3	Не нормируется	7	75
ПС-1	0.2	10	65
ПС-2	0.3	10	65
ПС-3	Не нормируется	10	65

П р и м е ч а н и е. КПС - кварц-полевошпатовое, ПС - полевошпатовое сырье, соответственно 1-го, 2-го и 3-го сортов.

Т а б л и ц а 2

Требования промышленности к химическому составу
пегматита и молотого кварц-полевошпатового сырья
для фаянсовых масс (ГОСТ 15045-89)

Марка сырья	Содержание, %				
	Fe_2O_3 , не более	$K_2O + Na_2O$, не менее	$CaO + MgO$, не более	SiO_2 , не более	$K_2O : Na_2O$, не менее
ПК	0.30	7.5	2	40	Не нормируется
КПМ-1	0.20	8	2	35	0.9
КПМ-2	0.30	8	2	35	0.9

П р и м е ч а н и е. ПК - пегматит кусковой, КПМ - кварц-полевошпатовое молотое сырье соответственно 1-го и 2-го сортов.

туру плавления, чем другие компоненты керамических масс (белогжущиеся глины, каолин и кварц), полевые шпаты образуют при обжиге изделий стеклообразную фазу, способствуя их спеканию, что и придает изделиям прочность, водонепроницаемость и белизну. Калиевые шпаты имеют более длинный интервал стеклообразования и большую вязкость расплава, чем натрий-кальциевые алюмосили-

Т а б л и ц а 3

Требования промышленности к химическому составу сырья для производства художественного, хозяйственного и электротехнического фарфора (ГОСТ 7030-75)

Марка сырья	Содержание, %					
	Fe_2O_3 , не более	$K_2O + Na_2O$, не менее	$CaO + MgO$, не более	SiO_2 , не более	$K_2O : Na_2O$, не менее	П. п. п. не более
ПШМ 0.15-3	0.15	12	1.5	8	3	0.5
ПШМ 0.20-3	0.20	12	1.5	8	3	0.5
ПШМ 0.20-2	0.20	11	1.5	8	2	0.5
ПШМ 0.30-3	0.30	11	1.5	10	3	0.5
ПШМ 0.30-2	0.30	11	1.5	10	2	0.5
ПШК 0.15-3	0.15	12	1.5	8	3	0.5
ПШК 0.20-3	0.20	12	1.5	8	3	0.5
ПШК 0.20-2	0.20	11	1.5	8	2	0.5
ПШК 0.30-3	0.30	11	1.5	10	3	0.5
ПШК 0.30-2	0.30	11	1.5	10	2	0.5
КПШМ						
0.20-2	0.20	8	1.5	8	2	0.5
КПШМ						
0.30-2	0.30	8	2	8	2	0.5
КПШК						
0.20-3	0.20	8	1.5	30	3	0.5
КПШК						
0.20-2	0.20	8	2.0	30	2	0.5
КПШК						
0.30-3	0.30	8	1.5	30	3	0.5
КПШК						
0.30-2	0.30	8	2	30	2	0.5

П р и м е ч а н и е. ПШМ - полевошпатовое молотое и КПШМ - кварц-полевошпатовое молотое; ПШК - полевошпатовое и КПШК - кварц-полевошпатовое кусковое сырье с содержанием окислов железа 0.15, 0.20 и 0.30% и соотношением окиси калия к окиси натрия 3 и 2.

каты. Это весьма важно для сохранения изделий от деформаций при обжиге. Практикой установлено, что наиболее подходящим для производства изделий тонкой керамики является микроклин-пертит, в котором соотношение весовых процентов окислов калия и натрия (калиевый модуль) составляет 2.0-2.7. Содержание железистых силикатов и других красящих компонентов приводит к снижению белизны

изделий, образованию мушки, поэтому допустимое количество их строго лимитируется (табл. 2).

Для высоковольтного электроизоляционного фарфора необходимо высококалийное полевошпатовое сырье. Многочисленными исследованиями [1, 5, 16, 46, 83, 95] установлено, что физико-механические и диэлектрические показатели изоляторов в значительной степени зависят от состава полевошпатового сырья. Увеличение в составе изоляторных масс натрия с соответствующим уменьшением калия, увеличивает тангенс угла диэлектрических потерь, повышает диэлектрическую проницаемость и вызывает более раннее возрастание ее с повышением температуры (табл. 3). Окончательное решение о пригодности сырья новых месторождений для производства электроизоляторов принимается по результатам прямых полупромышленных и промышленных испытаний.

При производстве абразивных изделий (точильных и шлифовальных кругов и т.п.), широко применяемых в машиностроительной и других отраслях промышленности, полевой шпат играет в общем ту же роль, что и при производстве фарфора, т.е. расплавляясь при относительно низких температурах, он образует вязкую стеклообразную связку, скрепляя зерна твердых абразивных материалов. Здесь предпочтительно применение бескварцевого сырья существенно калиевого состава, которое обеспечивает лучшее сцепление расплава с абразивами.

При производстве сварочных электродов полевошпатовое сырье служит флюсом в керамической обмазке. Здесь требуется высококалийное бескварцевое сырье. В составе строго ограничивается содержание фосфора и серы, но допускаются окислы железа до 1,5 %.

В производствах, где полевой шпат служит наполнителем, а именно в лакокрасочной, резиновой, мыловаренной и других, качество сырья определяется спецификой каждого конкретного потребителя и оценивается по результатам прямых испытаний.

ПРЕДПРИЯТИЯ ПОЛЕВОШПАТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ИХ СЫРЬЕВЫЕ БАЗЫ

Предприятия, добывающие и перерабатывающие полевошпатовое сырье различного качества и назначения, условно можно разделить на три группы: 1) предприятия, специализирующиеся на добыче и переработке полевошпатового сырья для реализации его потребителем различных министерств и ведомств; 2) предприятия, относящиеся по административному подчинению к различным министерствам (среднего машиностроения, химической промышленности и др.), производящие полевошпатовые концентраты как побочный продукт после извлечения из руд основных полезных компонентов; 3) предприятия, добывающие и перерабатывающие полевошпатовое сырье, главным образом для собственного потребления (для фарфоро-фаянсового и стекольного производства и т.п.).

К предприятиям, обеспечивающим централизованные поставки полевошпатового сырья в Карело-Кольском регионе относятся комбинаты „Ковдорслюда“ и „Карелслюда“, объединение „Карелстройматериалы“, а также Лянгарское рудоуправление, расположенное в УзССР.

Комбинат „Ковдорслюда“ с рудником Чалмозеро Министерства промышленности стройматериалов СССР, расположен в г. Ковдоре Кировского района, Мурманской области. Основным объектом разработки комбината на полевошпатовое сырье является месторождение Куруваара с запасом пегматитов 18 млн. т. Кроме того, относительно небольшое количество полевого шпата, кварца и пегматита утилизируется при разработке слюдяных месторождений.

На базе месторождения Куруваара с 1961 г. ведется строительство Енской помольно-обогажительной фабрики. Однако поскольку технология обогащения пегматитов еще недостаточно разработана и не решена проблема нейтрализации токсичных сточных вод, завершение строительства фабрики откладывается на неопределенный срок.

Рудник „Чалмозеро“, функционирующий на базе месторождения Куруваара с 1960 г., по существу полукустарное предприятие. Добыча пегматитов производится на участке Центральном. Пегматитовые жилы, образующие сложную сеть, разрабатываются единым карьером тремя уступами. Забои ориентированы согласно простиранию пегматитовых жил, но, поскольку и простирание, и падение последних часто меняется, а морфология их сложная, при взрывных работах пегматиты в значительной степени смешиваются с вмещающими породами. Кусковой микроклиновый пегматит выбирается из горной массы („руды“) вручную. Относительно чистый кусковой материал направляется непосредственно потребителям, а сырье, включающее значительное количество железосодержащих минералов (биотита, роговой обманки, турмалина и др.), отгружается на Чупинскую ПОФ. Суммарный выход кускового микроклинового сырья составляет 30–35% от погашаемых запасов пегматитов. Соотношение вскрышных (вмещающих) пород к полезному ископаемому в среднем равно 6:1.

Комбинат „Карелслюда“ с Чупинской ПОФ (быв. Чупинское рудоуправление) МПСМ СССР расположен в пос. Чупа Лоухского района Карельской АССР.

Комбинат производит добычу керамических пегматитов двумя рудниками: Хетоламбино и им. Чкалова, разрабатывающими одноименные месторождения. Значительное количество сырья для фабрики (до 30 тыс. т. в год) комбинату поставляется рудником „Чалмозеро“ и Приладожским рудоуправлением.

В результате систематических геологосъемочных и разведочных работ, проводившихся в течение ряда лет, резко увеличились перспективы месторождения Хетоламбино. Выявлены новые пегматитоносные зоны на участках Узкое Хетоламбино, Ураккоозеро и др. Разведанные здесь запасы пегматитов обеспечивают работу Чу-

пинской фабрики на 15 лет, а прогнозные – на весь ее амортизационный срок без поставок дорогостоящего сырья из других предприятий.

Рудник им. Чкалова, начавший разработку месторождений пегматитов на полевошпатовое сырье более 50 лет тому назад, все запасы практически выработал и реальных перспектив для дальнейшего функционирования не имеет. Кроме сырья для помольно-обогачительной фабрики, комбинат „Карелслюда“ производит добычу кускового микроклинового пегматита, кускового микроклина для глазурей и кварца. Объем этой продукции относительно невелик. Несмотря на высокую себестоимость, добыча кварца, микроклина и пегматита, очевидно, будет продолжаться в Северной Карелии в течение длительного времени, поскольку они необходимы предприятиям фарфоро-фаянсовой промышленности.

Объединение „Карелстройматериалы“, расположенное в г. Петрозаводске, производит добычу и переработку пегматитов месторождений Южной Карелии на двух предприятиях: Приладожском рудоуправлении и Кондопожском пегматитовом заводе.

Приладожское рудоуправление, основанное в 1947 г., расположено в г. Питкяранта. До 1957 г. сырьевой базой рудоуправления служили главным образом месторождения пегматитов северной части Питкярантского поля: Серая Горка, Койриноя, Нюринсаари и др. С 1958 г. объектом разработки стали жилы южных участков Питкярантского поля пегматитов.

Рудник „Лупикко“ производит разработку месторождения этого же названия. Пегматиты добываются открытым карьером, уступами по 8–10 м. Добытое сырье проходит первичную переработку на дробильно-сортировочной установке, где оно дробится до кусков размером 200 мм с рассевом на грохотах для отделения мелких фракций. Пегматиты направляются на Кондопожский завод для дальнейшей обработки. Кроме сырья для Кондопожского завода, Приладожское рудоуправление производит добычу кускового пегматита для керамической промышленности на месторождении Линнаваара. В качестве вспомогательных сырьевых баз разведуются небольшие жилы дифференцированных пегматитов в районе рудника „Лупикко“.

Кондопожский пегматитовый завод, построенный в 1935 г. достиг производительности 110–115 тыс. т молотых пегматитов в год с выпуском сырья КПС-2 и КПС-3 ГОСТ 13 451-68. Пегматит, поставляемый Приладожским рудоуправлением, измельчается стадийно в щековых дробилках, доизмельчается на мельницах-бегунах, частично подсушивается в циклонах и затем в шаровых мельницах размалывается до фракции менее 0.9 мм. Часть пегматита поступает на индукционно-роликовые сепараторы ЭРС-1 (164А-СЭ) и обогащается, при этом содержание окислов железа снижается с 0.65–0.75 до 0.35–0.40% (с III до II сорта). Продукция Кондопожского завода используется главным образом стекольной промышленностью страны.

Кроме указанных основных поставщиков, расположенных в Карело-Кольском регионе, централизованные поставки полевошпатового сырья обеспечивает во все возрастающих количествах Лянгарское рудоуправление, расположенное в Хатырчинском районе Узбекской ССР [101]. Здесь выделяются участки „Красные граниты” и „Восточный” Каричайского месторождения, разведанные Лянгарским рудоуправлением (Э.Н. Кутфитдинов, Х.М. Исхакова) в 1967–1972 гг. Эти участки расположены соответственно в 7.5 и 6.0 км от фабрики. Полезным ископаемым являются лейкократовые граниты, залегающие в виде дайкообразных тел среди мелкозернистых биотитовых гранитов и гранодиоритов Актауской интрузии гранитоидов и кристаллических сланцев нижнепалеозойского возраста.

По минеральному и химическому составам граниты обоих участков в общем близки между собой. Они состоят из микроклина и плагиоклаза, составляющих в сумме 65–70%, кварца 25–30%, биотита и мусковита до 2–5%.

Технологическая схема, принятая на фабрике, предусматривает стадийное дробление гранитов в щековой и конусной дробилках, грохочение, мокрый помол в шаровой мельнице, работающей в замкнутом цикле со спиральным классификатором, мокрую магнитную сепарацию, дешламацию и флотацию железосодержащих минералов. Выход концентратов 63–65% от исходного гранита. Содержание окислов железа снижается с 0.6–0.9 до 0.17–0.25%, калиевый модуль (1.25–1.3) остается без изменения.

Полевошпатовое сырье в качестве побочной продукции после извлечения основных полезных компонентов начали производить Вишневогорское, Забайкальское, Белогорское и некоторые другие предприятия. Концентраты, выпускаемые этими предприятиями, имеют существенно натровый состав и предназначаются в основном для стекольной промышленности и производства строительной керамики. Условно к этой же группе можно отнести комбинат „Апатит”, поставляющий нефелиновые концентраты, получаемые из хвостов обогащения апатитовых руд [54].

Выпуск кварц-полевошпатовых и полевошпатовых концентратов в ближайшие годы предполагается организовать по флотационной схеме и на нескольких других предприятиях, расположенных на Урале, в Средней Азии и Восточной Сибири.

Предприятия, добывающие и перерабатывающие полевошпатовое сырье главным образом для собственного производства, не играют существенной роли в общесоюзном балансе калиевого сырья. Эти предприятия добывают в основном низкокачественные виды сырья (литондные пемзы, альбитофиры, перлиты и т.п.) для производства темноцветной стеклотары, строительной керамики и т.п. Лишь единичные предприятия Сибири, Дальнего Востока, Украины и Средней Азии разрабатывают месторождения пегматитов с целью извлечения полевого шпата и кварца для тонкой керамики, а часть добытого и обогащенного ручной сортировкой сырья в виде товарной продукции реализуют другим потребителям. Наиболее крупным постав-

щиком полевошпатового сырья из них является Хайтинский фарфоровый завод. Полевошпатовой сырьевой базой для этого завода служит Нарынкунтинское месторождение пегматитов, представленное мощной жилой с обособлениями блокового микроклин-пертита и кварца. Разработка месторождения ведется открытым карьером, с ручной сортировкой сырья. Качество пегматита высокое. Оно пригодно как для керамических масс, так и глазурей. Потребителями сырья, кроме Хайтинского завода, являются Рижский, Дулевский, Минский, Артемовский, Владивостокский и некоторые другие заводы. По проекту производительность рудника на Нарынкунтинском месторождении 30 тыс. т, а в действительности из-за ограниченности запасов она сохраняется на уровне 10 тыс. т в год. Как видно по приведенному краткому обзору, молотое кварц-полевошпатовое сырье, пригодное для производства хозяйственного фарфора и электроизоляторов, выпускает только Чупинская фабрика комбината „Карелслюда“, что совершенно недостаточно при все возрастающих потребностях в сырье и увеличении требований к его качеству. Дефицит в калиевом и высококалиевом сырье покрывается преимущественно низкокачественным кусковым пегматитом, который добывается полукустарно из дифференцированных пегматитовых жил и размалывается на предприятиях-потребителях.

Для сравнения и лучшего понимания тенденции развития полевошпатовой промышленности представляется целесообразным рассмотреть состояние ее за рубежом.

Как видно из опубликованных данных [102], основной объем по приросту производства различных видов полевошпатовой продукции во всем мире приходится не на пегматиты, а на другие источники. Так, например, в Чехословакии для производства стекла во все больших масштабах разрабатываются и обогащаются щелочные эффузивы-фонолиты, в Польской Народной Республике полевошпатовой сырьевой базой служат серицитизированные граниты Шеблув и каолинизированные трахиты Седлец. Кроме того, здесь проводятся интенсивные геологические и технологические исследования с целью выбора новых сырьевых баз и разработки схемы обогащения для получения высококачественных полевошпатовых концентратов. В последние годы изучались нижнешленские граниты, лейкократовые граниты Изерских гор [103], высококалиевые фельзитовые порфиры месторождения Труйгарб [104] и др.

Липариты и гидротермально измененные породы (так называемые „фарфоровые камни“) широко используются в КНР, КНДР, Южной Корее, Австралии. В Японии наряду с классическим керамическим сырьем „тосеки“ (гидротермально измененными вулканами) интенсивно развивается добыча и переработка аплитов. Выпуск концентратов из аплитов за 20 лет увеличился почти в 7 раз и достиг к 1971 г. 434 тыс. т.

Флотационные полевошпатовые концентраты во все большем количестве производятся на предприятиях Норвегии, Финляндии, Мексики, Канады, а по сухому способу полевошпатовое сырье пре-

имущественно обогащается на предприятиях ФРГ, Франции, Испании, Португалии и Италии [102].

Характерной особенностью полевошпатового производства в индустриально развитых странах является стремление максимальной утилизации всех полезных компонентов (слюды, кварца, граната, циркона, берилла и т.д.). На новых предприятиях осуществляется комплексная механизация всех процессов добычи и переработки сырья и автоматизация управления. Фирмы обеспечивают широкий ассортимент выпускаемой продукции и строгий контроль за качеством применительно к требованиям потребляющих отраслей промышленности (по содержанию красящих окислов, содержанию щелочей и их соотношению, тонине помола) [38].

Энергетический кризис, повлекший за собой сокращение строительных работ и выпуска автомобилей, вызвал сокращение производства стройкерамики, автостекла и т.д. Это отразилось на производстве и потреблении полевошпатовых материалов почти во всех капиталистических странах. Общее количество произведенного (и использованного) полевошпатового сырья в мире суммарно составило (в млн. т): 1969 г. - 2.4, 1970 г. - 2.3, 1971 г. - 2.2. Резкий спад производства полевошпатовых материалов в капиталистических странах несколько снивелирован увеличением их выпуска в этот же период в СССР и других социалистических странах.

Общие для большинства капиталистических стран тенденции особенно характерны для наиболее крупного производителя полевошпатового сырья - Соединенных Штатов Америки. В США доля полевошпатового сырья, добываемого из дифференцированных пегматитов за 20 лет, сократилась с 35 до 5% (по состоянию на 1974 г.) при одновременном увеличении выпуска кварц-полевошпатовых и полевошпатовых концентратов, производимых из аляскитовых гранитов, отходов обогащения бериллиевых, сподуменовых и других руд и все более широкое использование нефелин-полевошпатовых концентратов [6, 102, 106]. Производством полевошпатовых материалов в США заняты, главным образом, восемь компаний, владеющих 15 помольно-обогательными предприятиями, из которых 11 имеют флотационную или комбинированную схемы, а 4 работают по сухому способу обогащения. Характерно, что при общем росте выпуска концентратов количество предприятий за 20 лет сократилось почти в два раза, т.е. происходит концентрация производства. Наибольшей производительности предприятия США достигли в 1969 г. (около 800 тыс. т). Кроме того, в США поступает ежегодно до 350-500 тыс. т нефелиновых концентратов из Канады и небольшое количество (несколько тысяч тонн) корнваллийского камня из Англии. Экспортируется полевошпатовое сырье в небольших количествах в Мексику и некоторые другие страны Латинской Америки.

В 1970-1974 гг. наметился некоторый спад в производстве и потреблении полевошпатового сырья в США. Это обусловлено, с одной стороны, энергетическим кризисом, а с другой - введением

более строгих законов по охране от загрязнения воздуха и воды и сохранению земель.

Особенно резко упало производство полевошпатового сырья в 1972 г. (до 580 тыс. т). Однако это почти не коснулось производства высококалийных концентратов, стабилизировавшегося на уровне 100-110 тыс. т в год.

Цены на полевошпатовую продукцию на мировом рынке в значительной мере контролируются колебаниями цен на внутреннем рынке в США, где наблюдается их неуклонный рост. Характерно, что цены растут главным образом на высококачественную полевошпатовую продукцию, производство которой более энергоемко. Так, цены на полевошпатовые концентраты в конце 60-х годов в долларах за 1 т были следующими: стекольное сырье грубого помола - 10-15; стекольное сырье тонкого помола (140 меш) - 18.5-22.5; керамическое сырье (200 меш) - до 23.5-25.0. К 1974 г. цены соответственно возросли в среднем на 1.0, 1.5 и 5.5 долларов за тонну. Цена на канадский нефелиновый сиенит для стекольной промышленности колеблется от 8 до 11 долларов, достигая максимально 19.5 доллара за тонну.

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

По минеральным ассоциациям все разнообразие полевошпатового сырья можно разделить на четыре типа: 1) кварц-полевошпатовый, 2) нефелин-полевошпатовый, 3) кварц-серицит-полевошпатовый и 4) кварц-каолинит-полевошпатовый. Здесь не рассматриваются возможные заменители полевошпатового сырья – волластонитовые, тальковые, пиррофиллитовые и другие породы, роль которых в общем объеме потребления невелика.

По соотношению окислов калия и натрия (калиевому модулю) все разновидности полевошпатового сырья, используемые промышленностью, делятся на следующие группы: 1) высококалиевое сырье (калиевый модуль выше 3), 2) калиевое сырье (калиевый модуль 2–3), 3) калий-натровое сырье (калиевый модуль 0.9–2), 4) натровое сырье и сырье с ненормированным калиевым модулем.

По содержанию свободного кварца выделяются две группы сырья: собственно полевошпатовое (в том числе и нефелин-полевошпатовое), в котором содержание свободного кварца $< 10\%$, и кварц-полевошпатовое, содержащее свободного кварца 10–30%. Особую группу составляют так называемые „фарфоровые камни“.

Промышленностью в настоящее время используется полевошпатовое сырье, получаемое главным образом из пород магматического происхождения, но в мировой практике широко используются также породы осадочные и метаморфические.

В результате систематического геологического и технологического изучения, а главное, по мере развития и совершенствования методов добычи и обогащения сырья, строительства горных и перерабатывающих предприятий перечень генетических типов пород, приобретающих промышленное значение, постоянно увеличивается. Так, например, сравнительно недавно источниками кварц-полевошпатовых концентратов стали граниты, затем щелочные и нефелиновые сиениты, намечено освоение щелочных каолинов и т.д. В связи с этим изменяются и геолого-промышленные классификации. Они становятся все более сложными, так как учитывается возрастающее количество геологических, технологических и экономических факторов, определяющих эффективность освоения месторождений. В разные годы было предложено несколько таких классификаций [9, 10, 12, 25, 26, 41, 92], которые отражали определенный уровень знаний и состояние полевошпатовой промышленности на тот или иной период.

Ниже предложена новая геолого-промышленная классификация, в которой полевошпатовые месторождения страны сгруппированы по генетическим признакам с выделением петрографических типов пород и учетом качества сырья (табл. 4). Она разработана на основе исследований П.А. Борисова, В.М. Борзунова, В.И. Магидовича, А.С. Пекки и др. исследователей.

Все месторождения полевошпатового сырья разделены на шесть генетических групп, из которых четыре относятся к эндогенным и две – к экзогенным. Основной классификационной единицей является геолого-промышленный тип месторождения, выделенный по легко наблюдаемым признакам – морфологии рудных тел, их размерам и внутреннему строению, количеству и качеству сырья. Типы подразделены на подтипы. Главными критериями для выделения систематических единиц различного ранга являются промышленная ценность месторождений, особенности и эффективность получения из них полевошпатового сырья того или иного качества [64, 65]. Месторождения подразделяются по количеству запасов (или экономической целесообразности утилизации сырья) на очень крупные, крупные, средние, мелкие и очень мелкие в соответствии с градацией, принятой в Министерстве промстройматериалов СССР, что подразумевает возможность обеспечить строительство горнообогатительного предприятия годовой производительностью по полевошпатовому концентрату на 500, 200, 100 или 50 тыс. т, либо небольшого временного рудника местного значения [92].

Приведены основные промышленные разновидности сырья, которые можно получить на месторождениях выделенных типов и подтипов при условии индустриального (электромагнитного либо флотационного) обогащения по обезжелезиванию и в некоторых случаях при условии выделения избыточного кварца, но без разделения полевых шпатов на калиевые и натровые разновидности. Для месторождений пегматитов, где возможна ручная сортировка пород, выделены соответственно те разновидности, которые при этом могут быть извлечены полукустарно с последующим размолом и обогащением на фабрике или непосредственно на предприятиях-потребителях.

Полевошпатовое сырье может быть получено и из некоторых других генетических типов месторождений (например, анортозитов, хрусталеносных пегматитов, при разработке россыпей и т.п.), но роль их в общем объеме промышленного потребления сырья представляется незначительной, поэтому в классификацию они не включены. В качестве примеров в классификации приводятся наиболее известные отечественные месторождения.

Недифференцированные гранитные пегматиты (тип. I), соответствующие, по В.И. Смирнову [86], классу „простых гранитных пегматитов“, являются одним из главных источников калий-натрового кварц-полевошпатового сырья для строительной керамики и стекольной промышленности. Месторождения этого типа представлены крупными штокообразными телами и межпластовыми жилами мощностью до нескольких десятков метров и протяженностью до тысячи метров

и более. Запасы сырья, сконцентрированные на небольшой площади, достигают двух-трех десятков миллионов тонн. Выделяются два под-типа месторождений - А и Б.

Пегматиты месторождений подтипа А в основной массе имеют ортотектитовую структуру. Обособления графической и пегматоидной структуры развиты слабо. Преобладающим минералом является плагиоклаз, в меньшем количестве содержатся микроклин и кварц. Биотит, мелкочешуйчатый мусковит, гранат, турмалин и другие акцессории распределены по всей массе породы. По валовому составу пегматиты достаточно постоянны и соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью 3-го сорта для стекольной промышленности. Пегматиты не поддаются ручной сортировке, но хорошо обогащаются методом электромагнитной сепарации и флотации. Примерами месторождений недифференцированных незональных пегматитов являются Лупикко, группа месторождений полуострова Куйваниеми (южная Карелия), а также Балка Большого Лагеря (УССР), Шрошинское (Груз. ССР). По-видимому, к этому же подтипу относится разрабатываемое в Финляндии месторождение гранит-пегматитов, на базе которого построена фабрика в Кеммо [102].

Месторождения недифференцированных пегматитов подтипа Б отличаются тем, что обособления микроклинового графического и пегматоидного пегматитов составляющие в вышеописанном подтипе незначительную долю (до 1-5%), здесь приобретают самостоятельное промышленное значение. При условии селективной добычи и ручной сортировки на таких месторождениях можно получить до 15-20% микроклинового пегматита с калиевым модулем выше 2-х. Месторождения этого подтипа являются в некотором смысле переходными к подтипу месторождений дифференцированных керамических пегматитов.

Месторождения дифференцированных гранитных пегматитов (тип II), соответствующие по В.И. Смирнову классу „перекристаллизованных гранитных пегматитов“, в Советском Союзе до настоящего времени являются почти единственными источниками высококачественного полевого шпата (микроклина), микроклинового пегматита и кварца.

Месторождения дифференцированных пегматитов представлены одиночными жилами или сериями более или менее сближенных жил. Они приурочены к дизъюнктивным нарушениям, секущим вмещающие породы (гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, мигматиты, гнейсо-граниты и др.) под крутыми углами. Для жил характерны относительно небольшие мощности (обычно 3-10 м, очень редко до 30 м и больше), а протяженность от нескольких десятков до первых сотен метров. Хотя жилы и располагаются кустами, сериями, каждая из них обычно является самостоятельным объектом отработки, и лишь некоторые сближенные жилы могут отрабатываться единым карьером. Сложный состав и небольшие мощности жил затрудняют применение высокопроизводительных горнодобывающих

Таблица 4

Геолого-промышленная классификация месторождений полевошпатового

Тип	Подтип	Морфология тел полезного ископаемого	Промышленные разновидности сырья и другие полезные компоненты
Г р а н и т н ы е			
I. Пегматиты не-дифференцированные	А. Гранит-пегматиты плагиоклазовые, микроклин-плагиоклазовые	Мощные межпластовые жилы, штоки	КПКН, гранат, мелкочешуйчатый мусковит
	Б. Пегматиты плагиоклаз-микроклиновые	Мощные секущие жилы, штоки	КПК, КПКН, гранат, мелкочешуйчатый мусковит
II. Пегматиты дифференцированные	А. Пегматиты керамические	Секущие жилы, дайки небольшой мощности	ПВ, КПК, КПКН, кварц
	Б. Пегматиты мусковит-керамические	То же и гиганто-мигматиты	ПВ, КПК, КПКН, кварц, мусковит
	В. Пегматиты мусковитовые	Жилы, дайки небольшой мощности	ПВ, мусковит, кварц
III. Пегматиты с редкометальной минерализацией	А. Пегматиты керамические и мусковит-керамические с редкометальными аксессуарами	Мощные секущие и межпластовые жилы	ПВ, КПК, КПКН, мусковит, кварц, редкометальные минералы
	Б. Пегматиты редкометальные	Секущие жилы небольшой мощности	КПКН редкометальные минералы

сырья

Масштаб месторождений	Основные потребители (отрасли промышленности)	Типичные месторождения	
		разрабатываемые	перспективные
пегматиты			
Очень крупные и крупные	Стекольная, строительной керамики	Лупикко (КАССР), Балка Большого лагеря (УССР)	Большое, Хепон-неми (КАССР)
Крупные, средние	Электротехническая, фарфоро-фаянсовая, стекольная, строительной керамики	-	Кюрьяла (КАССР), Отрадное (Мурманская обл.)
Мелкие и очень мелкие	Электроизоляционная, фарфоро-фаянсовая	Хетоламбино, Чкалова (КАССР), Нарынкунтинское (Иркутская обл.)	Постельное озеро (КАССР), Горное (УССР)
Мелкие и очень мелкие	То же	Хетоламбино (отдельные жилы), Риколатва (Мурманская обл.)	Месторождения Мамско-Чуйского поля
Мелкие и очень мелкие	То же	Малиновая Варака (КАССР)	-
Средние и мелкие	Электроизоляционная, фарфоро-фаянсовая, строительной керамики, стекольная	Линнаваара (КАССР), Асу-Булак (КазССР)	Пиртима, Слюдяной Бор (КАССР)
Крупные, средние и мелкие	Строительной керамики, стекольная	Месторождения Южного Урала, Восточного Казахстана	-

Т а б л и ц а 4 (продолжение)

Тип	Подтип	Морфология тел полезного ископаемого	Промышленные разновидности сырья и другие полезные компоненты
-----	--------	--	---

Г р а н и т о и д ы

IV. Граниты	А. Граниты рапакиви	Участки среди крупных массивов	КПКН
	Б. Граниты аляскитовые, гранит-аплиты	Массивы, штоки	КПКН, КПН
У. Редкометалльные граниты, альбититы	А. Граниты редкометалльные, апограниты	Штоки, краевые части гранитовых массивов	КПКН, КПН, редкометалльные минералы, мелкочешуйчатый мусковит
	Б. Альбититы	Штокообразные жилы	КПН

В у л к а н и т ы

У1. Кислые вулканы	А. Вулканы натровые (альбитофиры, фельзиты, пемзы, перлиты)	Пластовые залежи	КПН
	Б. Риолиты, ортофиры, кварцевые порфиры	Штоки, пластовые залежи	КПВ, серицит, кварц
У11. Вулканы, гидротермально и метасоматически измененные	А. Серицит-кварцевые сланцы	Пластообразные залежи	Полевошпат-серицит-кварцевое сырье
	Б. Фарфоровые камни	Штоки, пластообразные залежи	КПВ, каолинит-серицит-кварцевое, полевошпат-серицит-кварцевое сырье

Масштаб месторождений	Основные потреби- тели (отрасли промышленности)	Типичные месторождения	
		разрабатываемые	перспективные

Очень крупные	Фарфоро-фаянсовая, строительной керамики	-	Уксу (КАССР) Ала-Носкуа (Ленинградская обл.)
Очень крупные и крупные	Строительной керамики, стекольная	Каричсайское (УзССР)	Сайда Губа (Мурманская обл.), Режик (Свердловская обл.)
Очень крупные	Строительной керамики, стекольная	Месторождения в Забайкалье	Месторождения на Южном Урале
Средние	Строительной керамики, стекольная	-	Шалтасское (КазССР)

и с у б в у л к а н и ч е с к е п о р о д ы

Очень крупные	Строительной керамики, стекольная	Джраберское (Кавказ), Магаданское	Цейское (Кавказ), Костомукша (КАССР)
Крупные и средние	Электротехническая, фарфоро-фаянсовая	-	Роза Ламби, Костомукша (КАССР)
Крупные	Электротехническая	-	Устьяхтинские (Бурят. АССР)
Крупные, средние, мелкие	Электротехническая, фарфоро-фаянсовая	Гусевское (Приморье)	

Таблица 4 (продолжение)

Тип	Подтип	Морфология тел полезного ископаемого	Промышленные разновидности сырья и другие полезные компоненты
Нефелиновые			
VIII. Сиениты нефелиновые и щелочные	А. Нефелиновые сиениты	Штоки, мощные дайки	НПКН, НПН
	Б. Апатит-нефелиновые сиениты	Штокообразные тела в интрузии центрального типа	НПН, апатит
	В. Миаскиты, агпаитовые сиениты	Штоки, пластообразные залежи	НПН, НПКН, редкометалльные и редкоземельные минералы
Породы кор			
IX. Остаточные	А. Каолинизированные гранитоиды и аркозы	Плащеобразные и линейновытянутые залежи	ПВ, КПВ, каолин, кварц
	Б. Щелочные каолины	Нижние горизонты залежей каолинов	ПВ, КПВ, каолин, кварц
Пески			
X. Пески каолин-кварц-полевошпатовые и кварц-полевошпатовые	А. Пески каолин-кварц-полевошпатовые	Пластовые залежи	ПВ, КПВ, каолин, кварц
	Б. Пески кварц-полевошпатовые (эоловые, аллювиальные, морские и др.)	Пластовые залежи, доны	ПВ, КПВ, кварц

Примечание. Разновидности полевошпатового сырья: ПВ - нефелин-полевошпатовое натровое; НПКН - нефелин-полевошпатовое калий-полевошпатовое калиевое; КПКН - кварц-полевошпатовое калий-натровое; КПН -

Масштаб месторождений	Основные потре- бители (отрасли промышленности)	Типичные месторождения	
		разрабатываемые	перспективные
и щ е л о ч н ы е с и е н и т ы			
Очень крупные и крупные	Стекольная, стро- ительной керами- ки	-	Ельтозерское (КАССР)
Уникальный	Стекольная	Группа месторож- дений в Хибинах (Мурманская обл.)	-
Очень крупные	Стройкерамика, стекольная	Вишневогорское (Урал)	Ловозерское (Мурманская обл.)
в ы в е т р и в а н и я			
Крупные и средние	Электротехничес- кая, фарфоро-фа- янсовая	-	
Очень крупные, крупные и средние	Электротехничес- кая, фарфоро- фаянсовая	-	Просьяновское, Дубровское (УССР)
Средние и мелкие	Электротехничес- кая, фарфоро-фа- янсовая	Чалганы (Амурская обл.)	Балайская группа (Сибирь)
Крупные, средние и мелкие	Электротехничес- кая, фарфоро-фа- янсовая	-	Керминэ (УзССР)

полевошпатовое высококалийное; ПК - полевошпатовое калиевое; НПН - нефелин-полевошпатовое натровое; КПВ - кварц-полевошпатовое высококалийное; КПК - кварц-полевошпатовое натровое.

механизмов, обуславливая широкое применение ручного труда, а следовательно, и высокую себестоимость сырья.

Среди месторождений дифференцированных пегматитов выделяются три подтипа: керамические (А), мусковито-керамические (Б) и мусковитовые (В).

Керамические пегматиты (подтип А), называемые так по традиции, широко распространены на территории Советского Союза, но в большинстве своем как источники полевошпатового сырья не изучались. Почти все запасы сырья по месторождениям этого подтипа сосредоточены в Мурманской области и КАССР. Наиболее крупное месторождение Куруваара, разрабатываемое рудником „Чалмозеро“ комбината „Ковдорслюда“, коротко охарактеризовано в гл. 1, а месторождения КАССР будут описаны в гл. 3.

Мусковито-керамические пегматиты широко разрабатывались в довоенное время и в первые годы после войны [11, 12]. В последние годы они в значительной мере потеряли свое значение. Это объясняется тем, что наиболее крупные жилы на месторождениях Хетоламбино, им. Чкалова и других в Северной Карелии практически выработаны, а равнозначных не выявлено. Однако отдельные жилы с кондиционной слюдой и высококачественным керамическим сырьем здесь могут по-прежнему служить объектом комплексной разработки. К этому же подтипу отнесено месторождение Риколатва в Мурманской области, интенсивно разрабатывающееся на слюду-мусковит. Это единственное крупное месторождение, которое наряду со слюдой дает и значительное количество (до нескольких тысяч тонн ежегодно) кускового микроклинового пегматита.

Месторождения мусковитовых пегматитов в основном имеют плагиоклазовый состав. Из-за повышенного (до 4-5%) содержания щелочноземельных окислов и большого количества мелкочешуйчатой слюды пегматиты месторождений этого подтипа не находят применения в промышленности. Лишь из отдельных жил (например, на месторождении Малиновая Варака), содержащих крупноблоковые обособления микроклина и кварца, последние частично утилизируются для использования в керамической промышленности. К этому же типу (с некоторой долей условности) отнесены месторождения Мамско-Чуйской пегматитоносной провинции, длительное время разрабатывающиеся на мусковит. По имеющимся сведениям, некоторые месторождения здесь становятся источниками высококачественного микроклинового пегматита, но пока роль их еще невелика.

Месторождения гранитных пегматитов с редкометальной минерализацией (тип III) отличаются от месторождений типа II тем, что строение их осложнено наложенными процессами альбитизации, окварцевания, которые сопровождаются привнесением лития, рубидия, цезия, бериллия и других редких элементов. Процессы метасоматоза и грейзенизации, обуславливая ценность месторождений как источников редких металлов, как правило, отрицательно сказались на качестве полевошпатового сырья. Однако месторождения этого типа широко разрабатываются в США, Канаде и некоторых других

странах. Высокая эффективность их освоения связана с полным извлечением всех ценных компонентов и утилизацией кварц-полевошпатового сырья при глубоком обогащении последнего. В Советском Союзе месторождения типа III как источники полевошпатового сырья изучаются сравнительно недавно [56, 72].

По комплексам минеральных ассоциаций, определяющих промышленную ценность, выделены: месторождения керамические и мусковито-керамические с редкометальными аксессуарами (подтип А) и редкометальные (подтип Б).

Месторождения керамических и мусковито-керамических пегматитов с редкометальными аксессуарами являются переходными к собственно редкометальным пегматитам. Дифференцированное строение их хотя и осложнено метасоматическими процессами, но тем не менее здесь сохранились достаточно крупные блоки микроклина и микроклинового пегматита, доступные для выборки вручную, а с другой стороны — концентрация редкометальных минералов не достигла промышленных значений для самостоятельного их извлечения.

Первым месторождением этого подтипа, с детально разведанными запасами, является Линнаваара (КАССР).

На стадии разведки находятся месторождения Северной Карелии, где наряду с высококачественным полевошпатовым сырьем содержатся значительные запасы промышленной слюды [69]. Аномально высокое содержание в микроклине этих месторождений редких щелочей обуславливает особенно высокие флюсующие способности полевошпатового сырья. К этому же подтипу могут быть отнесены отдельные месторождения Асубулакского пегматитового поля (КазССР), Кетменчи, Лалабулак и некоторые другие в Узбекистане [55, 56].

Месторождения редкометальных пегматитов при комплексной утилизации всех компонентов могут дать очень большое количество натрового и калий-натрового кварц-полевошпатового сырья. На некоторых обогатительных фабриках, функционирующих на их базе, уже построены цеха по обогащению кварц-полевошпатовых материалов [72].

Граниты (тип IV) как источники полевошпатового сырья изучаются с конца 20-х годов [12]. Выделяются два подтипа месторождений (А и Б).

Граниты рапакиви (подтип А) как источники полевошпатового сырья начали изучаться по инициативе П.А. Борисова с 1961 г. [13]. Отличительными особенностями и преимуществом гранитов рапакиви перед другими гранитами являются крупнозернистость структуры и значительное преобладание калиевого полевого шпата над плагиоклазом. Это позволяет получить из них при условии обезжелезивания кварц-полевошпатовые концентраты с калиевым модулем 1.8–2.0 [37]. Известны пока два месторождения — Уксу и Ала-Носкуа.

Месторождения аляскитов (подтип Б) от гранитов рапакиви отличаются большей чистотой пород по содержанию красящих окислов, что позволяет использовать их для стройкерамики, зеленой

стеклотары и т.п. без обогащения. Отрицательным показателем в сравнении с рапакиви является значительно более низкий калиевый модуль (0.9–1.3). Породы обогащаются методом электромагнитной сепарации, обеспечивая получение кварц-полевошпатовых концентратов с содержанием окислов железа 0.25–0.35%, а при флотационном обогащении содержание красящих окислов может быть снижено до 0.17–0.20%.

В Советском Союзе разрабатывается одно Каричсайское месторождение лейкократовых гранитов в Узбекской ССР. Кроме того, разведаны месторождения аляскитов Режик (Свердловская обл.), Такобское (ТаджССР), а технологически изучалось несколько месторождений, расположенных на Украине, Урале, в Сибири, Средней Азии и Мурманской области [72]. Месторождения аляскитов широко эксплуатируются в США, а аплитов – в Японии, Австралии и некоторых других странах [102, 107]. В Карелии лейкократовые граниты, близкие к аляскитовым, имеются в Приладожье, Медвежьегорском и Лоухском районах.

Месторождения редкометалльных гранитов, апогранитов и альбититов (тип У) отличаются интенсивным развитием метасоматических процессов с перегруппировкой породообразующих элементов и наличием в них более или менее значительных концентраций редких металлов. Выделены два подтипа месторождений (А и Б).

Кварц-полевошпатовое сырье на месторождениях редкометалльных гранитов (подтип А) может быть получено, как правило, попутно, при их разработке на редкие металлы [20]. По качеству кварц-полевошпатовое сырье калий-натровое и натровое, пригодное для стекольной промышленности. По развернутой технологической схеме возможно получение и высококачественных, в том числе и высококалиевых концентратов [72]. Апограниты известны в Карелии в полосе, прилегающей с запада к Питкярантскому массиву гранитов рапакиви [94].

Альбититы (подтип Б) представляют собой средне- и крупнозернистые лейкократовые породы, образовавшиеся при метасоматических процессах в апикальных частях гранитных интрузий [86]. Известны Аксорантское и Шалтасское месторождения альбититов в КазССР [30, 92].

Месторождения кислых вулканитов (тип У1) характеризуются большими запасами пород с достаточно постоянным составом. По качеству сырья выделяются два подтипа месторождений (А и Б).

Месторождения альбитофиров и других существенно натровых пород (подтип А) в течение длительного времени разрабатываются на Кавказе для снабжения предприятий, производящих темнозеленую стеклотару, строительную керамику и абразивы. Так, например, Арзнинский стеклотарный завод использует в качестве сырья пемзы и перлиты Джаберского месторождения, Краснодарский завод для темно-зеленого стекла использует вулканические туфы [33]. Для производства полубелого стекла на Магаданском стекольном заводе используется местный вулканический пепел. Разработаны

составы полубелых стекол на основе альбитофиров Цейского месторождения [68, 70].

В Карелии альбитофиры и натровые геллефлинты распространены очень широко. Они приурочены, как правило, к гимольской серии лопского отдела нижнего протерозоя. Наиболее изученными являются альбитофиры и натровые геллефлинты, слагающие мощную (до 150–200 м) надрудную толщу на Костомукшском железорудном месторождении. Эти породы также признаны пригодными для производства стеклотары и стройкерамики без обогащения. В отличие от кайнотипных вулканитов костомукшские альбитофиры и натровые геллефлинты достаточно успешно обогащаются методами электромагнитной сепарации и флотации, обеспечивая получение маложелезистых концентратов высокой чистоты [31].

Месторождения риолитов, ортофиров и других высококалийных кислых вулканитов (подтип Б) представлены как древними докембрийскими, так и мезо- и кайнозойскими образованиями. Первым детально разведанным месторождением из относящихся к этому подтипу является Сергеевское месторождение риолитов в Приморском крае [45].

К этому же подтипу, очевидно, относятся трахиты и метасоматиты месторождения Череха Безенгийского на Северном Кавказе. Это месторождение представлено приповерхностными межпластовыми залежами верхнеюрского возраста [14], сложенными светло-серой, розовато-серой породой, состоящей преимущественно из санидина, кислого плагиоклаза и кварца с небольшой примесью серицита и акцессорных минералов. Лабораторные исследования по обогащению, выполненные в Институте геологии Карельского филиала АН СССР, показали, что из пород Безенгийского месторождения можно получить маложелезистые кварц-полевошпатовые концентраты, но фарфор имеет низкую белизну.

Палеотипные кислые вулканогенные высококалийные породы как источники полевошпатового сырья изучаются в Карелии. Этими породами представлено месторождение Роза Ламби в Беломорском районе. Они установлены также на Центральном участке Костомукшского месторождения в составе вскрышных вулканогенных пород. Отличительной особенностью палеотипных пород является их более полная раскристаллизация, что обуславливает возможность обогащения методами флотации и получение концентратов высокой чистоты.

Месторождения метасоматически и гидротермально измененных кислых вулканитов (тип УII) отличаются от месторождений типа УI существенно серицит-кварцевым, каолинит-серицит-кварцевым составом сырья, поскольку полевые шпаты в них частично или полностью замещены. Характерно также низкое содержание щелочей при многократном преобладании окиси калия над окисью натрия.

Выделяются два подтипа: месторождения серицито-кварцевых сланцев (подтип А) и месторождения „фарфоровых камней“ (подтип Б).

Месторождения серицито-кварцевых сланцев в Советском Союзе пока не разрабатываются. Единственным более или менее изученным является Усть-Кяхтинское (Бурятская АССР), представленное интенсивно динамо- и термально метаморфизованными вулканитами (фельзитами, кварцевыми порфирами) условно протерозойского возраста. Кварц-серицитовые и серицито-кварцевые сланцы испытывались в качестве сырья для производства строительной керамики [17], высоковольтного электротехнического фарфора и других целей и показали положительные результаты, несмотря на то что сумма щелочных окислов в них обычно составляет 4.0–6.0%, а содержание окислов железа 0.4–0.7%. Запасы по месторождению очень крупные.

Месторождения „фарфоровых камней“ являются источниками керамического сырья в Японии, Корее, Китае, а также в ФРГ (месторождение Брикенфельд) и в Польской Народной республике (Седлец). Фарфоровые камни представляют собой трахиты, риолиты, дациты, кварцевые порфиры и некоторые другие вулканические и субвулканические породы первичного кислого или среднего состава, глубоко измененные гидротермальными и метасоматическими процессами.

Эти породы не являются в буквальном смысле полевошпатовым сырьем, поскольку полевошпатовый компонент в них практически полностью замещен серицитом и каолинитом. Однако применение фарфоровых камней в керамической промышленности существенно снижает потребление полевошпатового высококалийного сырья и обеспечивает высокое качество изделий [41].

Первым детально разведанным месторождением „фарфорового камня“ в СССР является Гусевское, подробно описанное в многочисленных статьях В.И. Магидовичем, В.И. Финько и некоторыми другими авторами [2, 45, 90].

Породы, близкие по составу „фарфоровым камням“, найдены на Костомукшском железорудном месторождении (главным образом на Северном участке), но запасы их не ясны, поскольку при разведке железных руд они не были оконтурены [60].

Месторождения щелочных пород различной генетической принадлежности и минерального состава (тип VIII) характеризуются большими запасами бескварцевого сырья.

Выделены следующие подтипы: месторождения щелочных и нефелиновых сиенитов (подтип А), апатит-нефелиновых сиенитов (подтип Б) и агпаитовых сиенитов, миаскитов и их пегматитов (подтип В).

Месторождения щелочных и нефелиновых сиенитов являются крупнейшими источниками нефелин-полевошпатового сырья. Наиболее известными, специально разрабатывающимися на нефелин-полевошпатовое сырье, являются Блю-Маунтин в Канаде [102] и Стёрней в Норвегии [41, 108]. Подобные же месторождения эксплуатируются в Испании и Швеции. Щелочные субвулканические породы (фонолиты) широко используются в Чехословакии. Породы этих месторождений отличаются хорошей обогатимостью. Концентраты, по-

лученные из них, характеризуются высокой чистотой (Fe_2O_3 - 0.08 - 0.15%) при содержании глинозема 19-23%, сумме щелочей 15-19%.

В Советском Союзе месторождения аналогичного сырья не разведаны, хотя сиениты известны на Урале, в Сибири, на Украине и т.д. В Карелии нефелиновые сиениты слагают мощное штокообразное тело в пределах Елетьозерского массива щелочных габброидов [8, 59].

Месторождение апатит-нефелиновых пород (Б) на Кольском полуострове является уникальным не только в Советском Союзе, но и во всем мире. Как месторождение нефелин-полевошпатового сырья оно может рассматриваться весьма условно. Месторождение разрабатывается на апатит, а нефелиновый (точнее, полевошпатово-нефелиновый) побочный продукт частично утилизируется для производства темно-зеленой стеклотары, технического глинозема и соды. Отрицательной особенностью этого сырья является трудная обогащаемость по железу, невозможность получить концентраты, пригодные для полубелого и белого стекла [54]. Положительным фактором является исключительно низкая себестоимость (3.5-4.0 руб./т). [35].

Месторождения агпаитовых сиенитов, миаскитов и связанных с ними щелочных пегматитов (подтип В) являются комплексными. Основным полезным компонентом здесь служат редкоземельные и редкометалльные минералы. Нефелин-полевошпатовое сырье может быть получено попутно. Однако оно отличается непостоянством состава, высоким содержанием красящих компонентов, удаление которых связано с большими трудностями. Единственным поставщиком нефелин-полевошпатовых концентратов является Вишневогорское рудоуправление, разрабатывающее одноименное месторождение миаскитов и щелочных пегматитов [62, 63, 72]. Месторождения известны также на Кольском полуострове, в Приазовье и Сибири [75]. Щелочные пегматиты с редкометалльными аксессуориями, известные на Елетьозерском массиве в Карелии, промышленной ценности как источники полевошпатового сырья не представляют [39].

Остаточные месторождения (тип 1Х) связаны с корами выветривания площадного и, реже, линейного характера. В зоне гипергенеза, как известно, порообразующие минералы разрушаются не одновременно, а химические элементы имеют различную миграционную способность. Поэтому породы кор выветривания могут существенно отличаться по минеральному и химическому составу от материнских. В гранитоидах, например, быстрее разрушаются плагиоклазы, биотит, роговая обманка, что приводит к концентрации кварца, калиевого полевого шпата, мусковита (серицита). С другой стороны, натрий и кальций имеют в 10 раз большую способность к миграции, чем калий и алюминий [61, с. 21], в связи с чем породы химической коры выветривания обогащаются последними. Выделяются два подтипа месторождений: каолинизированных гранитоидов и аркозов (подтип А) и щелочных каолинов (Б).

Месторождения каолинизированных гранитоидов и аркозов во многих зарубежных странах являются весьма важными источниками

керамического сырья. В Советском Союзе подобные месторождения пока еще практически не изучены. Особенность полезного ископаемого этих месторождений заключается в том, что в нем наряду с полевым шпатом содержится более или менее значительное количество каолина, а сами полевые шпаты выветрелые, легко поддающиеся измельчению. В отдельных случаях породы содержат серицит, что сближает их с „фарфоровыми камнями“. Сырье месторождений этого подтипа обрабатывается по простой технологии, которая заключается в дроблении, промывке и классификации по крупности зерна [72]. Классическое керамическое сырье, так называемый „кортваллийский камень“, представляет собой сильно каолинизированный лейкократовый гранит аляскитового типа месторождения Сент-Стивенс (Англия). Сырье в общем аналогичного состава разрабатывается в Польской Народной республике (месторождение Шеблув), в ФРГ и некоторых других странах [40, 41, 42, 43].

Породы древних (протерозойских) кор выветривания, развитые на гранитоидах Карелии, впервые описаны в 1924 г. А. Метцгером [105]. По данным детальных исследований группы сотрудников под руководством В.А. Соколова, эти породы имеют в Карелии широкое площадное распространение [87, с. 142]. Нами уже указывалось [59] на возможность выявления в Карелии интересных в промышленном отношении участков развития пород древних кор выветривания и аркозов. Новые данные не противоречат этому выводу, причем есть основание ожидать здесь выявления и относительно молодых (мезозойских?) кор химического выветривания.

Месторождения щелочных каолинов (подтип Б) отличаются от месторождений охарактеризованных выше тем, что процессы химического выветривания гранитоидов имеют более глубокое развитие. В верхних горизонтах здесь развиты нормальные каолины, а высококалиевый полевой шпат содержится лишь в нижних горизонтах в виде остаточного минерала. Высококалиевые полевошпатовые концентраты могут быть извлечены из хвостов обогащения каолина, представленных кварц-полевошпатовыми песками [44, 72]. Несмотря на высокое качество полевошпатовых концентратов, получение их на месторождениях этого подтипа целесообразно лишь при условии утилизации всех компонентов (каолина, кварцевого песка и полевого шпата). Именно это обстоятельство и лимитирует возможность освоения месторождений щелочных каолинов. Месторождения щелочных каолинов распространены на Украине, где уже их разведано несколько (Присяновское, Дубровское и др.).

Среди месторождений осадочных пород (тип Х), представленных песками различного состава, выделяются два подтипа: месторождения каолин-полевошпатово-кварцевых песков (подтип А) и полевошпатово-кварцевых (подтип Б).

Месторождения каолин-полевошпат-кварцевых песков как источники полевошпатового сырья стали изучаться в связи с проблемой комплексного освоения всех компонентов, образующихся при обогащении низкосортных каолинов. Полезное ископаемое этих мес-

торождений по существу аналогично так называемым щелочным каолинам. Отличаются месторождения этого подтипа от указанных выше тем, что здесь в верхних горизонтах отсутствуют более или менее мощные толщи высококачественных каолинов, характерных для остальных месторождений Украины (например, Просняновского). Месторождения каолин-полевошпатово-кварцевых песков залегают в виде плащеобразных залежей, перекрытых толщей рыхлых вскрышных пород. Как источники полевошпатового сырья изучались месторождения Уярско-Балайской группы, Чалгановское и некоторые месторождения Приамурья. На Чалгановском комбинате, разрабатывающем одноименное месторождение, строится цех по извлечению высококалийных полевошпатовых концентратов из песков - хвостов обогащения каолинов [72].

Месторождения полевошпатово-кварцевых песков различного генезиса характеризуются большими запасами сырья, но полевые шпаты в них обычно содержатся лишь в количестве до 10-15%. Представлены полевые шпаты преимущественно микроклином, иногда микроклином и кислым плагиоклазом в равных количествах. Часто, кроме кварца, пески содержат промышленно интересные тяжелые минералы.

Из зарубежных наиболее известным является месторождение морских песков Дель-Монте (США), длительное время разрабатывавшееся с целью получения полевошпатовых концентратов для керамической промышленности и стекольных кварцевых песков. С 1974 г. в связи с постановлениями Федерального правительства США по охране окружающей среды предприятие закрыто [102].

В Советском Союзе в качестве источников полевошпатового сырья высококалийного состава изучались месторождения Азатбаши и Керминэ (УзССР), Новинское (Амурская обл.) и некоторые другие.

Все опробованные пески Северного Приладожья, Заонежья, восточного и юго-восточного побережья Онежского озера содержат полевые шпаты, представленные микроклином и плагиоклазом приблизительно в равных количествах [59].

На основании имеющихся материалов и в соответствии с приведенной классификацией можно заключить, что месторождения полевошпатового сырья, освоенные промышленностью, с детально разведанными запасами представлены в Карелии гранитными пегматитами. Перспективными источниками сырья, как было показано выше, являются граниты рапакиви и кислые вулканогенные породы. Относительно других потенциально перспективных источников сырья по результатам исследований выводы сводятся к следующему.

Граниты, широко развитые в Карелии, представлены как плагиоклазовыми, так и существенно микроклиновыми разновидностями [21]. Некоторые нижнепротерозойские поздние и посткинематические граниты (массивы Карташи, Юстозеро, Ондозеро, о. Германа, Маткаселька и др.) представлены лейкократовыми породами, богатыми щелочами и глиноземом. По качественным показателям и прогнозным запасам они, вероятно, не уступают разрабатываемым

месторождениям Карич-Сай (УзССР) или Спрус-Пайн (США). Однако освоение месторождений лейкократовых гранитов представляется нецелесообразным, поскольку на их базе нельзя организовать производство высококалиевых и калиевых концентратов по простой технологии, а калиевый модуль в исходном сырье не превышает 1.2-1.5.

Щелочные и нефелиновые сиениты, широко развитые в пределах Ельтьозерского месторождения титаномagnetитов, по качеству вполне аналогичны интенсивно разрабатываемому месторождению Стёрней (Норвегия). По данным опробования здесь основная масса представлена натровыми породами, обеспечивающими получение (при условии обезжелезивания электромагнитной сепарацией) высококачественных концентратов для стекольной промышленности и строй-керамики (сумма щелочей 13.5-14.0%, калиевый модуль 0.65-0.95). Однако имеются и богатые микроклином разновидности (сумма окислов калия и натрия 13.5-15.1%, калиевый модуль 2.1-3.6). Вопрос о промышленном освоении этих пород может быть поставлен при условии комплексного освоения Ельтьозерского месторождения — на основное ископаемое и попутно на все строительные материалы.

Аркозовые песчаники и связанные с ними серицито-кварцевые сланцы, развитые в составе образований верхнего яруса карелид, имеют удовлетворительные показатели по содержанию главных лимитируемых компонентов, причем имеются высококалиевые разновидности, которые без обогащения по степени чистоты могут быть отнесены к кварцполевошпатовому сырью второго сорта, что подтверждено и результатами керамических испытаний. Однако перспективные участки со значительными запасами и с благоприятными условиями для разработки аркозов не выявлены.

Кварц-полевошпатовые пески различного генезиса широко развиты среди четвертичных отложений Карелии, но богатых микроклином разновидностей среди них не выявлено.

ПЕГМАТИТОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРЕЛИИ

По разведанным запасам пегматитов Карельская АССР занимает первое место в стране. Месторождения с промышленными запасами сосредоточены в пределах Чупино-Лоухского и Кемско-Беломорского пегматитоносных районов, а также в Приладожье и в районе с. Улялеги (рис. 1).

Многочисленные пегматитовые жилы, в том числе крупные по масштабам и существенно микроклинового состава, известны также в Медвежьегорском, Калевальском, Муезерском, Суоярвском и Лахденпохском районах, но как источники полевошпатового сырья они совершенно не изучены.

ПЕГМАТИТЫ ЧУПИНО-ЛОУХСКОГО РАЙОНА

Общие сведения

Чупино-Лоухский пегматитоносный район протягивается на 150 км в виде полосы шириной 25-70 км вдоль западного побережья Белого моря, от северной границы Карелии до Энгозера на юге.

В пределах Чупино-Лоухского района известно более 10 месторождений керамических пегматитов. Наиболее крупными из них являются эксплуатируемые месторождения Хетоламбино (с участками Новое и Узкое Хетоламбино и Ураккоозеро) и им. Чкалова (с участками Черная Салма, Б.Олений и др.), частично изученные месторождения Чернореченской группы - Панфилова Варака, Воробьевы озера, Кив-Губа, Блинковые Вараки, Киндомыс и др., месторождение Постельное озеро.

Керамические пегматиты Чупино-Лоухского района на протяжении более полувека и до настоящего времени являются почти единственными постоянными источниками высококачественного микроклина и микроклинового пегматита, пригодного для изготовления всех видов изделий тонкой керамики и фарфоровой глазури. Начало добычных работ полевошпатового сырья в Чупино-Лоухском районе относится к 1922 г. До 1941 г. организациями „Карелгранит“ и „Союзслюдакомбинат“ разрабатывались месторождения Оленчик, Черная Салма, Панфилова Варака, им. Чкалова, Хетоламбино, Кривое

озеро. В период 1946–1968 гг Чупинским рудоуправлением МПСМ СССР эксплуатировались преимущественно жилы Хетоламбино и им. Чкалова.

Микроклин, микроклиновый пегматит и кварц поставлялись предприятиям в виде чистого кускового материала, подвергавшегося размолу непосредственно на предприятиях. Загрязненный микроклин и микроклиновый пегматит не использовались. С 1968 г. основная часть микроклина, микроклинового пегматита (чистого и загрязненного) и частично плагиоклазовый пегматит перерабатываются на Чупинской ПОФ, где производится помол и обогащение его по красящим окислам. Предприятиям, изготавливающим фарфоровые и фаянсовые изделия, с Чупинской ПОФ поставляются кварц-полевошпатовый концентрат для тонкой керамики с соотношением окиси калия к окиси натрия ≥ 2 (ПМ ГОСТ 7030–67, а с 1976 г. КПШМ ГОСТ 7030–75) и в небольших количествах плагиоклазовый концентрат непостоянного состава по ГОСТ 15045–69 для фаянсовых и керамических масс.

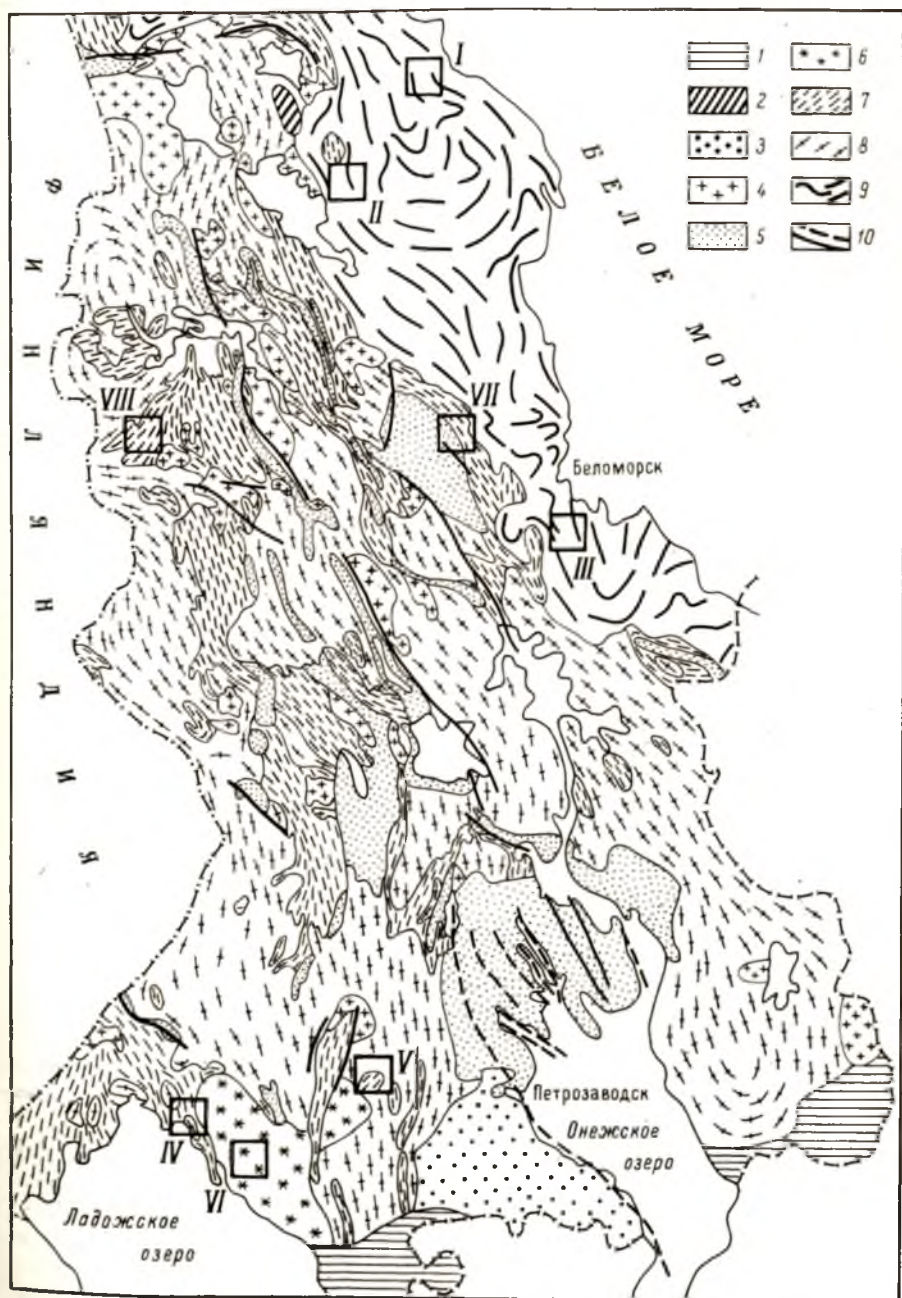
В настоящее время основным источником полевошпатового сырья как кускового, так и для Чупинской ПОФ является месторождение Хетоламбино с выявленным в 1972 г. новым весьма перспективным участком – Ураккоозеро. Разрабатывается месторождение ГОКом „Карелслюда“.

Всестороннее изучение геологического строения Чупино–Лоухского пегматитоносного района проводится с 20-х годов Н.Г. Судовиковым, П.А. Борисовым, Г.И. Бунтиным, А.И. Лабунцовым,

Рис. 1. Схема расположения месторождений полевошпатового сырья на территории Карельской АССР.

1 – нижнепалеозойские отложения; 2 – интрузивные образования щелочных габброидов и сиенитов; 3 – кварциты, кварцито-песчаники, габбро-диабазы (иотний); 4 – граниты рапакиви; 5 – супракрустальные образования поздних карелид; 6 – гранитоиды карелид; 7 – супракрустальные образования ранних карелид; 8 – гранито-гнейсы, гнейсо-граниты, гнейсы и мигматиты антиклинальных поднятий и фундамента карелид; 9 – беломориды; 10 – разломы установленные и предполагаемые;

I – Чупино–Лоухский пегматитоносный район (месторождения Хетоламбина, Панфилова Варака, Постельное озеро и др.); II – Месторождение Пиртима; III – Кемско–Беломорский пегматитоносный район (месторождения Слюдяной Бор, Торлов Ручей); IV – Питкярантское поле пегматитов (месторождения Лупикко, Серая Горка, Линнаваара); V – Улялегское поле пегматитов (месторождения Брусничное, Кюръяла, Большое); VI – Граниты рапакиви Питкярантского массива (участки Уксу, Юка–Коски); VII – месторождение кварцевых порфиров Роза Ламби; VIII – кислые вулканогенные породы Костомукши. Геологическая основа по К.О. Кратцу.



П.К. Григорьевым, Ю.С. Неуструевым и позднее Б.Я. Алексеевым, Д.Т. Мишаревым, П.П. Боровиковым, А.В. Скропышевым, Е.П. Чуйкиной, Ю.Е. Рыцком, А.С. Никаноровым, К.А. Шуркиным, В.Л. Дуком, М.Е. Салье, Н.В. Горловым, Л.Л. Гродницким, В.С. Смирновой.

Изучением месторождений полевошпатового сырья в этом районе занимались П.А. Борисов, А.И. Лабунцов, В.И. Терновой и геологи-производственники Е.А. Чуйкина, А.Э. Энглунд, Н.И. Холодок, С.И. Дравант, В.И. Едовин, Г.В. Жданова, Б.И. Ревнов, К.А. Охотина, Г.С. Богуславский, В.К. Браунков, Н.П. Волегов.

В геологическом отношении пегматиты Чупино-Лоухского района располагаются в Беломорской пегматитовой провинции среди беломорской серии гнейсов архейского возраста, образующих одну из самых крупных структур Балтийского щита - беломорида. Существует несколько представлений о геологическом строении этого района [22-24, 36, 48, 49, 76, 89, 96, 99]. В любой концепции набор и состав пород объединяемых в свиты, горизонты, пласты постоянные. Стратиграфия и тектоника трактуются по-разному.

Серию беломорских гнейсов Чупино-Лоухского района составляют три основные группы пород, образовавшихся в условиях амфиболитовой фации регионального метаморфизма и ультраметаморфизма из осадочных и вулканогенных пород, слагающих мощную геосинклинальную толщу архейского возраста: лейкократовые биотитовые, амфибол-биотитовые и амфиболовые гнейсы, и глиноземистые гранат-биотитовые и дистен-гранат-биотитовые гнейсы. В гнейсовой толще в различной степени развиты гранитоиды плагиоклазового и плагио-микроклинового состава, основные и ультраосновные магматические породы, а из жильных образований наиболее распространены пегматиты. Широко развиты процессы мигматизации, гранитизации, перекристаллизации, селективного плавления и расщелачивания.

По представлению группы геологов Северо-Западного геологического управления (Е.П. Чуйкиной, В.И. Едовина, Н.И. Кривоборской, Т.В. Ждановой и др.), гнейсы основных групп беломорской серии сменяются с юго-запада на северо-восток в соответствии с последовательной сменой пяти моноклинально залегающих свит с падением на северо-восток. Самой древней является западная свита, в составе которой преобладают микроклинсодержащие биотитовые гнейсы; затем следует котозерская свита, состоящая из переслаивающихся амфиболсодержащих и биотитовых гнейсов; чупинская свита, состоящая преимущественно из глиноземистых дистен-гранат-биотитовых и гранат-биотитовых гнейсов; хетолампинская свита, в которой преобладают амфибол и эпидотсодержащие биотитовые гнейсы и амфиболиты. Самая молодая свита - керетская - сложена преимущественно биотитовыми гнейсами, содержащими микроклин.

Моноклинально залегающие породы образуют крыло крупной Кольско-Карельской антиклинальной структуры, усложненной струк-

турами II и более высоких порядков: продольными – северо-западной ориентировки и поперечными перегибами северо-восточного и субширотного направления.

Д.Т. Мишарев, В.С. Смирнова и др. [48] в пределах Чупино-Лоухского района выделяют только три свиты гнейсов, верхняя из которых – лоухская – сложена высокоглиноземистыми гнейсами (соответствует чупинской свите по Е.П. Чуйкиной), подстилающая хетоламбинская объединяет соответственно весьма сходные по составу породы котозерской и хетоламбинской свит, а самая нижняя, керетская – котозерскую и керетскую свиты. Породы трех свит образуют узкий Енско-Лоухский синклиниорий, опрокинутый на юго-запад, в ядре которого залегают породы лоухской свиты. С запада и востока Енско-Лоухский синклиниорий обрамляется сопряженными антиклинальными структурами – Западным и Приморским антиклинориями. Породы, образующие Енско-Лоухский синклиниорий, собраны в складки северо-восточной ориентировки.

К.А. Шуркин и В.Л. Дук и др. [99], развивая точку зрения Д.Т. Мишарева, выделяют в пределах Чупино-Лоухского района чупинскую, лоухскую, хетоламбинскую и керетскую свиты и незначительно развитые – князегубскую и кайтатундровскую. На Чупино-Лоухский район, по К.А. Шуркину, приходится южная (Лоухская) ветвь Енско-Лоухского синклинория. Внутреннее строение синклинория весьма сложно в связи с непостоянством ориентировки его шарнира и осевой поверхности и развитием в его пределах складчатости II и III порядков, часто перекрестной, а также многочисленных сбросо-сдвиговых нарушений.

Н.В. Горловым [22] беломориды разделены на фундамент, к которому им отнесены западная свита (по Е.П. Чуйкиной) и собственно беломориды, разделенные на котозерскую, чупинскую и хетоламбинскую свиты. По Н.В. Горлову, структура беломорской серии отличается поперечно перекрестным характером – наличием складок двух взаимнопоперечных направлений (северо-восточного и северо-западного). Северо-восточные складки перпендикулярны общему простиранию беломорид и веерообразно расходятся на протяжении 300 км. Складки северо-западного простираания ориентированы параллельно общему простираанию пород. Северо-восточные складки наиболее развиты в мощных свитах глиноземистых гнейсов, а северо-западные – в мощных свитах биотитовых и амфиболовых гнейсов, перекрывающих свиты глиноземистых гнейсов.

Е.П. Чуйкиной [96] и другими сторонниками моноклинального залегания гнейсов в Чупино-Лоухском районе, керамические пегматиты района приурочены к хетоламбинской, керетской и котозерской свитам. В соответствии с представлениями Д.Т. Мишарева и др. керамические пегматиты залегают в керетской и хетоламбинской свитах, а по схеме геологического строения Беломорья, разработанной К.А. Шуркиным и В.Л. Дуком, – в хетоламбинской и керетской свитах.

Состав мусковитовых пегматитов чупинской свиты существенно плагиоклазовый, однако из некоторых крупных жил попутно извлекается кусковой микроклин и кварц. В хетоламбинской свите развиты керамические и комплексные пегматиты плагио-микроклинового и микроклин-плагиоклазового состава, содержащие, кроме высококачественного керамического сырья, и мусковит невысокого качества. В керетской и котозерской свитах пегматиты имеют существенно микроклиновый или плагио-микроклиновый состав. Иногда они содержат мусковит, но промышленных концентраций не установлено. Западная свита содержит мелкие плагио-микроклиновые пегматитовые тела, не имеющие промышленного значения.

В размещении пегматитов Чупино-Лоухского района как слюдоносных, так и керамических, кроме литолого-стратиграфического фактора, весьма существенная роль принадлежит фактору тектоническому и тектоно-метаморфическому. С одной стороны, подавляющее большинство месторождений пегматитов Чупино-Лоухского района приурочено к антиклиналям северо-восточной ориентировки II порядка по отношению к региональной структуре, с другой – разрозненные месторождения пегматитов можно объединить в протяженные зоны субмеридионального и субширотного простираний, совпадающие по ориентировке с главными направлениями допегматитовых нарушений, разделяющих породы беломорского комплекса на блоки [78, 84, 85, 96]. Детальными поисковыми и разведочными работами на месторождениях слюдоносных и керамических пегматитов установлена зависимость размещения жил от характера и интенсивности тектоно-метаморфических процессов и физико-механических свойств пород в период образования пегматитовмещающих полостей. Значительную роль играют предпегматитовые сколовые зоны, зоны расщеливания и развития порфиробластеза по первичным мелкозернистым гнейсам [49, 74, 77, 79].

Керамические пегматиты хетоламбинской и керетской свит вмещаются, как правило, среднезернистыми расщеливаемыми эпидот-амфибол-биотитовыми гнейсами, или приурочены к трещинам растяжения и межбужинным пространствам в массивах основных пород, или контактам этих массивов с вмещающими гнейсами.

В относительно пластичных породах преобладают кососекущие жилы, падающие в сторону падения сланцеватости, но под более крутыми углами, чем вмещающие породы.

Керамические пегматиты Чупино-Лоухского района образуют поля, зоны, кусты. Протяженность пегматитоносных зон достигает 5–6 км при мощности до 1–1,2 км. Преобладают зоны с простиранием СЗ 300–350° до СВ 5–10°. Жилы обычно секущие, плитообразные, линзовидные или сложной морфологии, занимающие „межбужинные“ пространства в массивах амфиболизированного габбро или располагающиеся на контакте основных пород с гнейсами [50].

По размерам керамические пегматиты крайне разнообразны: от 20 до 700 м по длине, от 1 до 10 м редко до 30–35 м по мощности и от 30 до 200 м протяженностью по падению. К промышлен-

ноценным относятся, как правило, жилы мощностью более 3 м протяженностью по простиранию более 30 м. Все промышленные месторождения Чупино-Лоухского района соответствуют II геолого-промышленному типу (табл. 4). Промышленную ценность пегматитовых жил определяют особенности их внутреннего строения, набор структурно-минеральных комплексов и степень дифференциации. По этим признакам их можно сгруппировать в 4 группы.

- I – керамические и слюдяно-керамические пегматиты плагио-микроклинового состава зонального строения;
- II – керамические пегматиты плагио-микроклинового состава участково-зональные и слабо дифференцированные с широким развитием биотита (подтип А);
- III – пегматиты микроклин-плагиоклазового и существенно плагиоклазового состава, слабо дифференцированные и недифференцированные;
- IV – плагиоклазовые и существенно кварцевые жилы с неясно выраженной зональностью, содержащие биотит.

Промышленными в настоящее время являются первые две группы пегматитов, соответствующие типу II (дифференцированные пегматиты) нашей классификации (табл. 4).

Жилы III и IV групп могут служить источниками сырья для строительной керамики и изготовления стекла.

Промышленная ценность однотипных жил как источников полевошпатового сырья по качеству, назначению и количеству запасов, мало различаются.

Жилы I группы (рис. 2 и 3) наиболее детально изучены и разведаны на месторождениях Хетоламбино и им. Чкалова как содержащие промышленные запасы высококачественного микроклинового керамического сырья и в ряде случаев мусковита среднего качества. В составе пегматитов I группы микроклин преобладает над плагиоклазом, и лишь в редких случаях содержания их почти равны. Из других породообразующих минералов существенную роль играет кварц, мусковит и биотит. Второстепенными и аксессуарными являются гранат, апатит, турмалин, ортит, уранинит, гуммит, сульфиды.

Текстура пегматитов преимущественно симметрично зональная, четко проявляющаяся в горизонтальном срезе жил. Полное суждение о строении жил этого и других типов по вертикали создать не удастся в связи с тем, что крайне ограниченное число жил разведано на глубину более 35–50 м и единицы – до выклинивания.

Центральные части, или зоны, жил представляют собой обычно кварцевые оси, иногда прерывистые, реже выполненные чередованием блоков микроклина с небольшими блоками кварца или без него. Мощность центральных зон достигает 10–12 м. Кварцевые оси развиты в основном в слюдяно-керамических пегматитах. В бесплодных пегматитах обычны оси или ядра кварц-микроклиновые.

Промежуточные зоны, мощностью от 1.0 до 5.0 м, представлены крупнозернистыми пегматитоидным к блоковым плагио-микроклиновым и микроклин-плагиоклазовым пегматитом с мусковитом

и биотитом или не содержащими слюд. Основная масса микроклина сосредоточена во внутренних частях промежуточных зон, где блоки микроклина достигают 5 м (от 0.5 до 5 м). Плагноклаз обычно не образует крупных блоков (0.2–0.5 м). К блокам плагноклазов часто приурочен мусковит в виде крупных клиновидных кристаллов или мелких кристаллов в небольших гнездах кварц–мусковитового комплекса.

Приконтактные зоны, мощностью порядка 0.5 м, образованы среднезернистым микроклин–плагноклазовым пегматитом преимущественно графической, неяснографической и апографической структур с мелкими гнездами кварц–мусковитового комплекса. Нередки пегматоидная и петельчатая структуры. Приконтактные оторочки сложены мелкозернистым плагноклазовым пегматитом ортотектитовой структуры с чешуйчатым и мелкокристаллическим биотитом. Фланги жил по простираанию, „пережимы” и апофизы, как правило, сложены грубографическим и неяснографическим пегматитом.

В большинстве случаев жилы I группы содержат значительные количества высококачественного чистого микроклина и микроклинового пегматита, мусковита и кварца. Содержание микроклина в среднем составляет 3–4%, достигает 11% (Хетоламбино, жилы 183, 281), кварца – до 13% (Хетоламбино, жила 45–а). Содержание мусковита в слюдяно–керамических жилах достигает 15 кг/м³ при выходе промышленного сырца до 20.3%. Мусковит преимущественно среднего качества и низкого качества (второго сорта). Промышленный сырец в основном III и IV групп, пригодный для изготовления шипанной слюды, молотого мусковита или для производства слюдинита. Наиболее типичными представителями пегматитов I группы являются жилы 5 Северная, 12, 281, 371 и 381 Хетоламбино, жилы Оленчик и им. Чкалова.

Рис. 2. План пегматитовой жилы 5–северная месторождения Хетоламбино. (Материалы Северной экспедиции СЗТГУ).

Гнейсы: 1 – биотитовые, 2 – амфиболовые, 3 – амфиболиты; пегматиты: 4 – микроклин–плагноклазовые и микроклиновые неяснографической и графической структур, 5 – микроклиновые пегматоидной структуры, 6 – плагноклазовые ортотектитовой и неяснографической структур; 7 – кварц; 8 – микроклин; 9 – тектоническое нарушение.

Рис. 3. План пегматитовой жилы 281 месторождения Хетоламбино. (Материалы Северной экспедиции СЗТГУ).

1 – гнейсы биотитовые; пегматиты: 2 – микроклин–плагноклазовые и микроклиновые неяснографической и графической структур, 3 – микроклиновые пегматоидной структуры; блоковый: 4 – микроклин, 5 – плагноклаз, 6 – кварц.

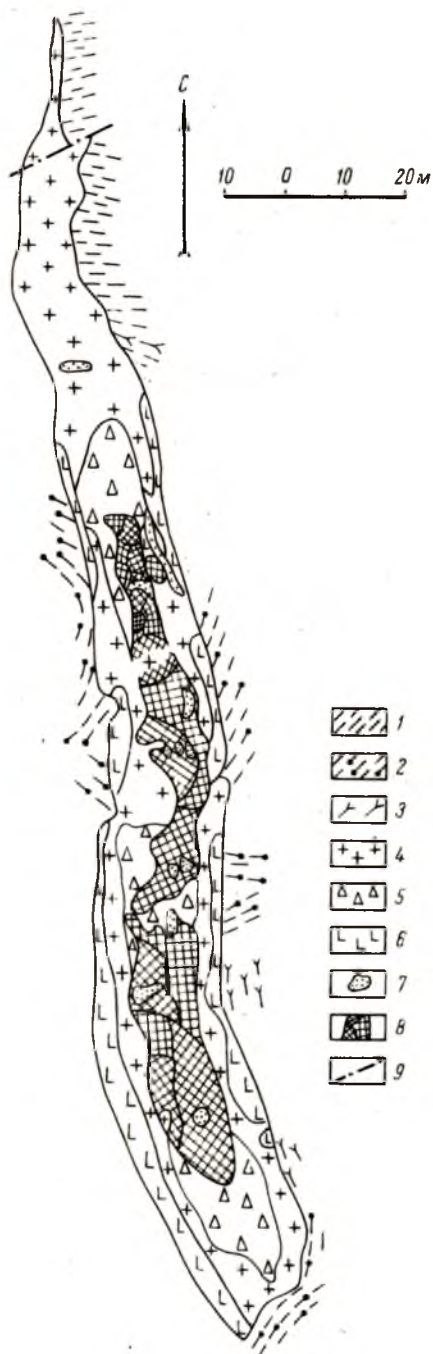


Рис. 2.

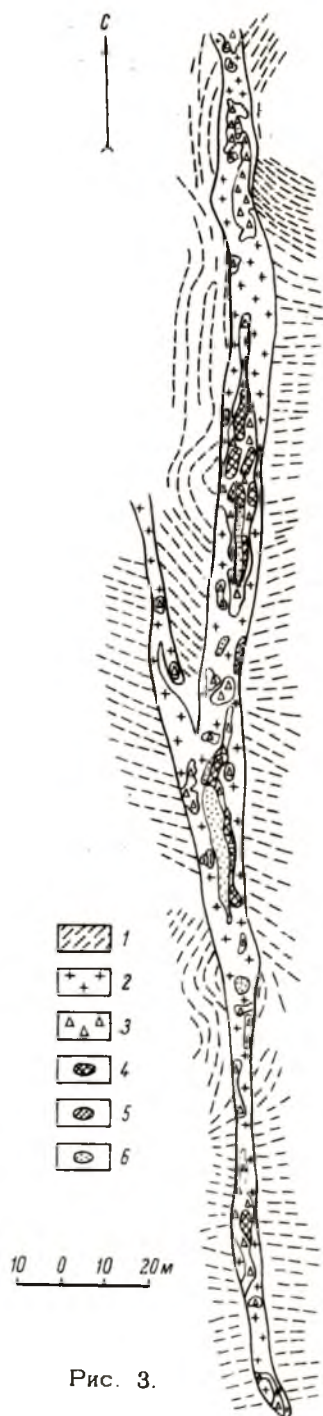


Рис. 3.

В отличие от жил I группы в жилах II группы (рис. 4) структурно-минеральные комплексы не образуют четко выраженных зон, и они, как правило, не содержат мусковита, но характеризуются широким развитием биотита в крупных лейстах, клиновидных и пластинчатых кристаллах. Пегматит хорошо дифференцирован обычно только в срединных частях мощных жил. Блоки микроклина, плагиоклаза и кварца отмечаются нечасто. Широким развитием в жилах II группы пользуется среднезернистый микроклин – плагиоклазовый пегматит апографической и неяснографической структур, слагающий фланги жил, пережимы, маломощные апофизы, а в дифференцированных частях жил – только маломощные боковые зоны и изолированные участки в срединных частях пегматитовых тел. В последнем случае преобладает плагио-микроклиновый пегматит пегматоидной и блоковой структур, где блоки полевых шпатов почти всегда содержат вросстки кварца. В отдельных жилах отмечаются прерывистые кварцевые оси (Хетоламбино, жила 183-а, 143), иногда блоковый кварц совершенно отсутствует. Концентрации микроклина в центральных частях жил, как правило, не наблюдается, и только в более дифференцированных жилах количество микроклина к центру несколько возрастает. Жилы II группы развиты в восточной части собственно Хетоламбино, Узкохетоламбинской, Ураккаозерской и Кивгубской зонах.

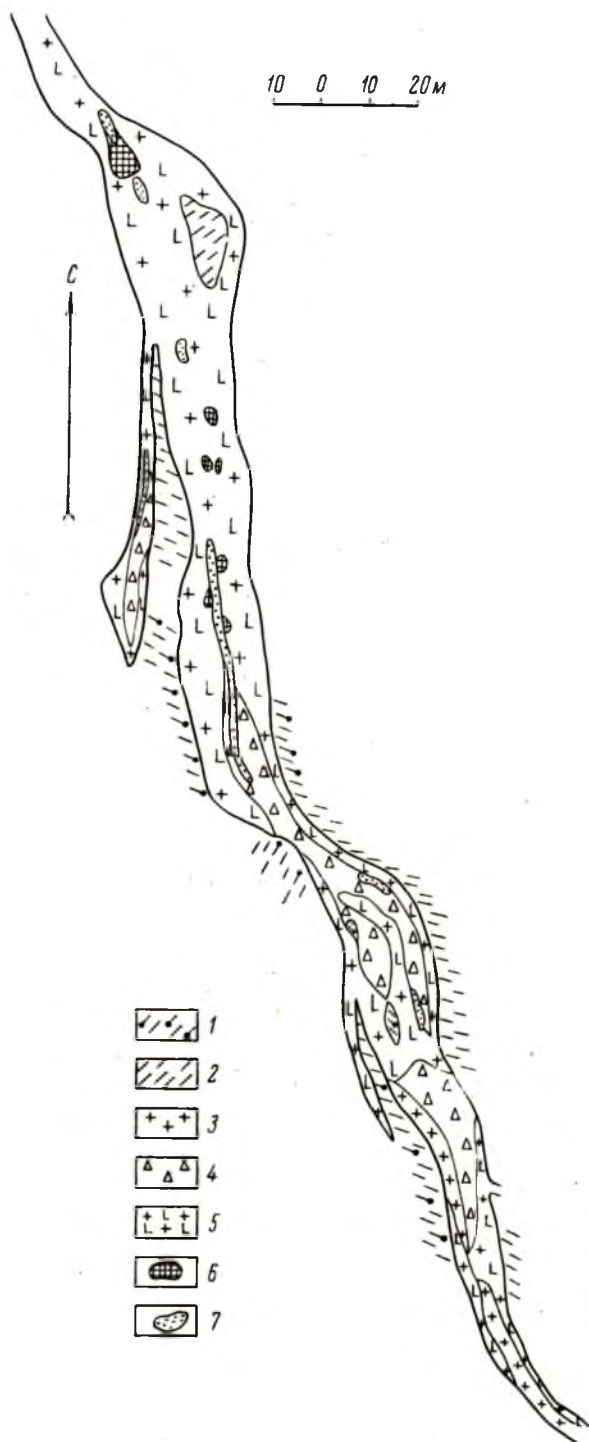
Из жил II группы в подавляющем большинстве добывается микроклиновый пегматит (чистый и загрязненный), составляющий в сумме от 28 до 57%. Чистый микроклин содержится в количестве до 1,2–1,5%, кварц – до 2%.

Жилы III группы относятся в настоящее время к непромышленным в связи с низким содержанием микроклинового пегматита. В жилах этого типа преобладает среднезернистый микроклин-плагиоклазовый пегматит неяснографической и апографической структур. В краевых частях встречаются небольшие единичные блоки полевых шпатов. Обычно широко развит биотит и небольшие гнезда кварц-мусковитового комплекса с мелким мусковитом. Содержание микроклинового пегматита от 5 до 15%. Чистый микроклин отсутствует.

К жилам IV группы относятся плагиоклазовые пегматиты, слабозональные с биотитом и повышенным содержанием кварца. Минеральный состав их прост: плагиоклаз, кварц, биотит. Второстепенными минералами являются микроклин, гранат, турмалин, апатит.

Рис. 4. План жилы 183а месторождения пегматитов Хетоламбино. (Материалы Северной экспедиции СЗТГУ).

Гнейсы: 1 – амфибол-биотитовые, 2 – биотитовые; пегматиты: 3 – ортотектитовой и неяснографической структур, 4 – микроклиновые пегматоидной структуры, 5 – плагио-микроклиновые и микроклиновые графической и неяснографической структур; 6 – микроклин блоковый; 7 – кварц блоковый.



Мусковит отсутствует. Пегматит наиболее мощных жил этого типа четко дифференцирован. В центральных зонах обычно кварцевая ось составляет основную часть жилы. Промежуточные зоны мощностью до 1.5 м сложены плагиоклазовым пегматитом средне- и крупнозернистой пегматоидной структур, иногда блоками ирризирующего голубоватого плагиоклаза, достигающих 1 м; а приконтактные зоны – плагиоклазовым пегматитом среднезернистым неяснографической и апографической структур с таблитчатым биотитом. Биотит в виде лейст довольно част и в промежуточных зонах. Приконтактные оторочки мощностью порядка 10 см часто прерывисты, образованы мелкозернистым ортотектитовым плагиоклазовым пегматитом. Иногда они отсутствуют, а в жилах существенно кварцевых достигают мощности 0.3–0.5 м. Примерами жил IY группы могут служить жилы 197, 226, 205, 215, 236 Хетоламбино.

Месторождение Хетоламбино

Месторождение расположено к СВ от пос. Чупа. Оно известно с XVI в., в настоящее время объединяет 8 участков, расположенных на площади порядка 100 км² к северу от Чупинской губы, между Пулонгскими озерами и Кив-Губой Белого моря. В собственно Хетоламбино выделены участки Западный, Центральный, Узкое Хетоламбино, Новое Хетоламбино и Южный участок. К северу располагаются участки Северный, Гирвасбор и Уракко (Ураккоозеро).

Месторождение Хетоламбино является наиболее крупным и хорошо изученным месторождением керамических и мусковит-керамических пегматитов страны. Эксплуатация этого месторождения началась в 1924 г. За все время эксплуатации по неполным данным здесь добыто 32.7 тыс. т микроклина, 208.9 тыс. т микроклинового пегматита, 17.6 тыс. т кварца и 4.1 тыс. т мусковита.

В 1973 г. на месторождении добыто 11.7 тыс. т сырья для Чупинской ПОФ, 1.2 тыс. т микроклина и 1.7 тыс. т кварца. Себестоимость добычи 1 т микроклинового пегматита составила 33 руб., микроклина – 182 руб. и кварца – 48.5 руб.

По результатам работ Северной экспедиции на месторождении Хетоламбино в 1974 г. по состоянию на 1.75 ГКЗ СССР утверждены балансовые запасы (в тыс. т): микроклинового пегматита для тонкой керамики с $K_2O : Na_2O \geq 2$ по промышленным категориям – 835, в том числе с калиевым модулем равным или > 3 – 784; микроклин для глазури – 35; кварц – 53; всего жильной массы – 2 305.

Содержание микроклинового сырья для Чупинской ПОФ колеблется от 28 до 72%, составляя в среднем 38%; содержание кускового микроклина и кварца – до 11%. Утвержденные по месторождению Хетоламбино запасы обеспечат работу рудника Хетоламбино при планируемой производительности 23 тыс. т сырья для ПОФ на 36 лет. В случае отказа от привозного сырья с месторождения Куруваара и увеличения производительности рудника в 2–2.5 раза (при до-

стижении проектной производительности фабрики по микроклиновому концентрату в 39 тыс. т) обеспеченность запасами составит 10-12 лет.

Геологическое строение месторождения (рис. 5) наиболее полно изучено геологами Северной экспедиции СЗТУ (Е.П. Чуйкина, Н.И. Кривоборская, Т.В. Жданова, Н.И. Холодок, Г.М. Арутюнов, А.Э. Энглунд и др.). Оно располагается в породах хетоламбинской и частично керетской свит. По последним представлениям Е.П. Чуйкиной, хетоламбинская свита разделена тектоническими зонами на ряд „блоков поднятия“ II и III порядков, сложенных в основном мелкозернистыми биотитовыми гнейсами, гранито-гнейсами, амфибол-биотитовыми диоритами. „Поднятия“ обрамляются зонами рассланцевания перечисленных пород, преобразованных в биотитовые, эпидот-амфибол-биотитовые гнейсы.

Месторождение приурочено к зоне обрамления Гирвасборского поднятия II порядка. Северная часть его представляет собой антиклиналь, а южная - синклиналь. Ядро антиклинали сложено амфибол-биотитовыми диоритами, а крылья рассланцованными биотитовыми и эпидот-амфибол-биотитовыми гнейсами.

В пределах месторождения породы хетоламбинской свиты условно расчленены на 5 горизонтов, сложенных преимущественно биотитовыми или эпидот-биотитовыми гнейсами или амфиболитами или какими-либо двумя из названных разновидностей пород, иногда с часто выклинивающимися прослоями дистен-гранат-биотитовых гнейсов. Нижний горизонт хетоламбинской свиты представлен чередованием дистен-гранат-биотитовых и гранат-биотитовых гнейсов со светло-серыми биотитовыми гнейсами, содержащими линзы амфиболовых гнейсов и амфиболитов. 4-й и 5-й горизонты, окаймляющие Гирвасборский блок с юга и востока, образуют обрамление этого блока, в котором и размещены промышленные пегматиты месторождения. Маркирующие горизонты отсутствуют. Выделенные разновидности гнейсов имеют не только согласное, но и секущее взаимоотношение друг с другом. Сланцеватость и полосчатость среднезернистых интенсивно рассланцованных гнейсов всегда ориентирована параллельно контактам с мелкозернистыми гнейсами, амфиболитами и диоритами, а сланцеватость и полосчатость последних чаще всего располагается под косыми углами к контакту. Состав отдельных разновидностей пород является, по-видимому, результатом не только состава исходных пород, но и процессов метаморфизма и ультраметаморфизма. Все сказанное свидетельствует об условности стратиграфического расчленения хетоламбинской свиты.

По представлению Е.П. Чуйкиной и др., основными рудоконтролирующими факторами на керамические пегматиты являются региональные разломы глубинного заложения и зоны обрамления локальных поднятий II и III порядков. На месторождении **Хетоламбино** предполагается совпадение зоны обрамления Гирвасборского поднятия с региональными зонами глубинных разломов с западной и восточной стороны поднятия. Региональные разломы глубинного заложения прослеживаются вдоль контакта хетоламбинской и чупинской свит, хетоламбинской и керетской свит.

Пегматиты месторождения приурочены преимущественно к западному и восточному обрамлениям Гирвасборского блока и локализованы в три крупные жильные зоны: Главную (собственно Хетоламинскую), Узкохетоламинскую и Ураккскую. За пределами месторождения на восточной его периферии прослеживается Кивгубская жильная зона.

Жильные зоны субсогласны с поясами (цепочками) основных пород и зонами рассланцевания гнейсов в обрамлении Гирвасборского блока. Протяженность зон по простиранию составляет 5–10 км, мощность 1–2 км. Пегматиты имеют выдержанное простирание СЗ 335–350° при крутом (70–85°) падении на юго-восток. Вместилищами для пегматитов месторождения явились сколовые трещины, развитые близ контактов пород с разными механическими свойствами („жесткие“ мелкозернистые и „пластинчатые“ рассланцованные гнейсы).

Промышленные жилы залегают либо в рассланцованных гнейсах, либо выполняют межбужинные пространства в основных породах. Исключение составляет жила 11 Белого озера, залегающая в мелкозернистых гнейсо-диоритах близ рассланцованных гнейсов каретской свиты. Геофизическими исследованиями, выполненными под руководством Г.Ш. Меламеда, установлено, что промышленные пегматиты района Хетоламино приурочены к „спокойным“ магнитным полям с изменением значения Δz от 50 до 80 гамм при достаточно высокой дифференцированности поля ρ_k . Жильные зоны контролируются значениями коэффициента вариации, характеризующего степень изменчивости поля ρ_k , равными 30%. Все жилы месторождения по залеганию секущие.

В рассланцованных амфиболовых и амфибол-эпидотовых гнейсах пегматитовые тела имеют плитообразную форму или форму уплощенной линзы, часто усложненную единичными апофизами.

„Межбужинные“ и „прибужинные“ жилы имеют форму выпуклой линзы или усложненно-линзовидную форму.

Пегматитовые тела, переходящие по простиранию и падению из одной структурной разновидности пород в другую имеют сложную морфологию: они содержат ксенолиты вмещающих пород, имеют многочисленные апофизы, изогнутую, коленчатую или ветвистую форму. Причем промышленные части жил приходятся на участки рассланцованных гнейсов или основных пород, а бедные микроклином – на мелкозернистые гнейсы и гранито-гнейсы.

В пределах жильных зон пегматиты группируются в кулисообразные кусты, разделенные участками, содержащими мелкие разобщенные жилы. Мощность кустов составляет 50–150 м при длине 500–1000 м, а мощность промежуточных участков – 300–500 м. Например, между кустами промышленных жил 370, 371, 143 и 183-а располагается участок шириной порядка 300 м с мелкими непромышленными телами 341, 341-а, 342, 342-а и др. Всего на месторождении известно более 450 жил, из которых 50 разведанных являются промышленными и потенциально промышленными. Основные запасы микроклинового пегматита на месторождении сосредоточены в крупных телах (183,

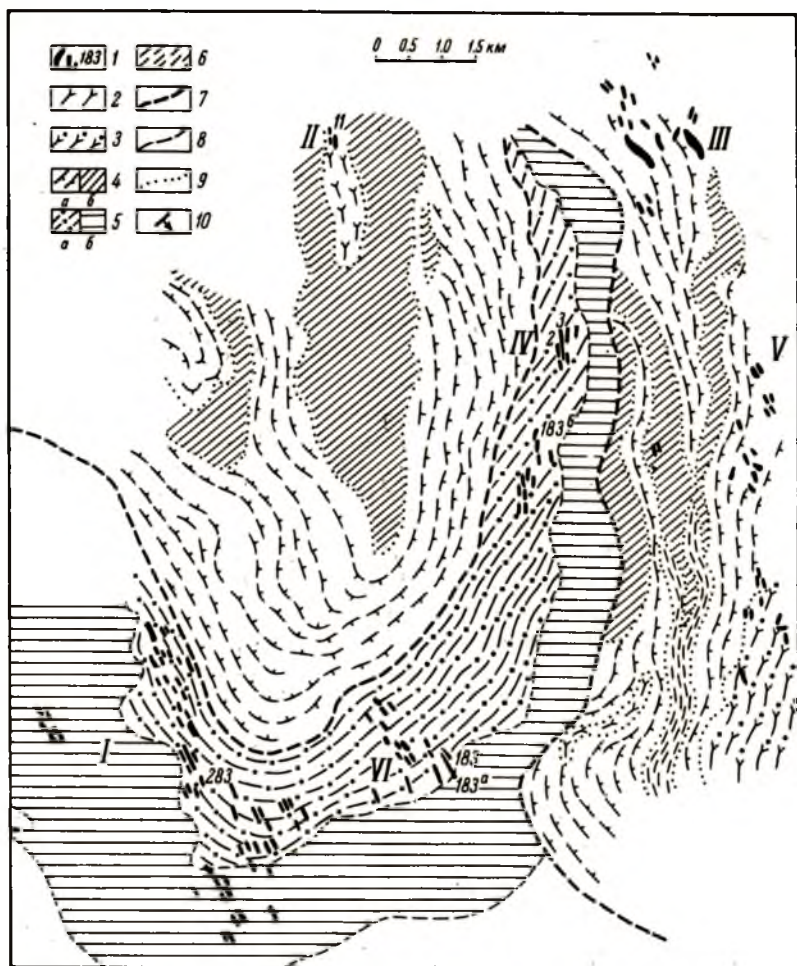


Рис. 5. Схематическая геологическая карта района Хетоламбинского месторождения пегматитов. (По Е.П. Чуйкиной, 1974).

1 - пегматитовые жилы и их номера; 2 - амфиболиты; 3 - гнейсо-диориты амфиболовые, амфибол-биотитовые, биотитовые; 4 - гнейсы керетской свиты, микроклинсодержащие биотитовые и эпидот-биотитовые: мелкозернистые гнейсовидные (а), среднезернистые рассланцованные (б); 5 - гнейсы хетоламбинской свиты, биотитовые и амфибол-эпидот-биотитовые: мелкозернистые гнейсовидные (а) и среднезернистые рассланцованные (б); 6 - гнейсы светло-серые биотитовые; границы: 7 - свит, 8 - горизонтов, 9 - пластов; 10 - обобщенные элементы залегания пород. Участки: I - Хетоламбино, II - Белого озера, III - Воробьева озера, IV - оз. Уракко, V - Кив-Губа, VI - Узкое Хетоламбино.

183-а). Запасы промышленных категорий подсчитаны в 27 жилах. В 6 жилах содержится 66.6% всех запасов микроклинового сырья, т.е. на каждую жилу приходится не менее 10 тыс. т микроклинового пегматита.

Главная жильная зона (собственно Хетоламбинская) располагается в западной части обрамления Гирвасборского блока. Она прослеживается на протяжении 6 км от оз. Сенного на севере до оз. Ивлево на юге при мощности от 0.8 до 1.7 км. Зона объединяет более 300 жил, образующих в пределах зоны 5 групп (кустов), залегающих кулисообразно, при смещении „кулис“ в плане на юго-запад и (в южной части) на юго-восток. Кулисы пегматитов в основных породах смещаются в разрезе на северо-восток. Такая закономерность пока только зафиксирована, генетика ее не расшифрована. В зоне насчитывается 38 промышленных жил I и II групп. Средняя длина их составляет 100–150 до 500 м, средняя мощность 5–6 м, протяженность по падению от 40–50 до 150 и более метров. Простирание промышленных жил преимущественно 340–345°, падение под углом 75–80° на юго-запад, склонение северо-западное. По форме это преимущественно плитообразные и линзовидные тела, нередко с крупными апофизмами. Контакты жил с вмещающими породами обычно четкие, ровные. Главная жильная зона почти полностью изучена скважинами до глубины 50–100 м (до 200 м на отдельных участках). Среднее содержание микроклинового пегматита в жилах I группы достигает 36%, а II – 44.4%, микроклина соответственно 4.1 и 1.2%, кварца 5.5 и 1.8%. Среднее содержание мусковита 15 кг/м³, выход промышленного сырья 20.3%. Все промышленные жилы этой зоны разведаны. Около 50 жил эксплуатировалось. На продолжении зоны к северу и югу площади месторождения закрыты мощными обводненными наносами, в связи с чем изучение этих площадей не производилось и, по-видимому, в плане общих перспектив месторождения промышленное освоение экономически нецелесообразно.

Узкохетоламбинская жильная зона (жилы 183, 183-а, 369, 370, 371 и др.) расположена в 3.5 км к востоку от Главной жильной зоны и приурочена к южной части восточного обрамления Гирвасборского блока. Здесь развиты среднезернистые рассланцованные амфибол-эпидот-биотитовые гнейсы с участками первичных мелкозернистых гнейсов, диоритов, основных пород и пластовые тела гранитов II группы.

Узкохетоламбинская жильная зона состоит из двух кустов, отстоящих друг от друга на 200 м: промышленных (жилы 183, 183-а, 370, 371, 143 и др.) и непромышленных (жилы 359, 364, 356 и др.).

Куст промышленных жил имеет мощность порядка 400 м при установленной длине около 1 км. Простирание жил СЗ 335–340°, падение ЮЗ под углом 60–80°. Длина жил 140–300 м, мощность от 8 до 15–20 м и протяженность по падению от 75 до 150 м. Они содержат до 36.6% микроклинового пегматита, до 11% чистого микроклина и до 11.6% кварца. Некоторые из жил Узкого Хетоламбино (140–151 и др.) известны давно. На жилах 183 и 183-а сосредото-

чены в настоящее время практически все добычные работы горно-обогатительно комбината „Карелслюда“. Перспективы зоны связываются с недостаточно изученными юго-западными и северо-восточными ее флангами. Здесь возможно выявление новых крупных жил с прогнозными запасами порядка 1 млн. т жильной массы. Промышленные пегматиты просты по минеральному составу: плагиоклаз, микроклин, кварц. В них преобладают графические и апографические структуры, а блоковый микроклин и кварц содержатся в количестве 1.0–4.5% и только изредка до 10–15%. Загрязняющими минералами, отрицательно сказывающимися на качестве полевошпатового сырья, являются биотит, гранат и мелкочешуйчатый мусковит. Содержание чистого микроклинового пегматита, свободного от этих минералов, в промышленных пегматитах месторождения составляет от 5 до 28%, а сумма чистого и „загрязненного“ микроклинового пегматита в жилах зонального строения в среднем равна 36% (до 60%) при содержании чистого микроклина 4% и кварца – 5.5%; в жилах участково-зонального строения содержание микроклинового пегматита 48% при среднем содержании чистого микроклина 1.2% и кварца около 2%.

Характеристика пегматита промышленных жил Хетоламбино по содержанию лимитируемых компонентов приводится в табл. № 5.

В соответствии с кондициями, утвержденными ГКЗ СССР в феврале 1974 г., на месторождении разведуются и добываются кусковой микроклин для производства фарфоровых глазурей и микроклиновый пегматит, поступающий на Чупинскую ПОФ для передела на молотый пегматит марок П1М и П2М ГОСТ 7030–67 или КПШМ 0.20–2, КПШМ 0.30–2 ГОСТ 7030–75. Смешанные и плагиоклазовые разности пегматита, являющиеся источниками низкокаллевой продукции, по утвержденным кондициям не оцениваются и как сырье не учитываются.

В 1959 г. Государственным научно-исследовательским институтом керамической промышленности (ГИКИ) получена опытная партия фарфора с глазурью из плагиоклазового сырья Хетоламбино. Как показали исследования, сырье улучшает товарный вид и блеск фарфоровых изделий. Плагиоклазовое сырье для изготовления фарфоро-фаянсовых изделий в соответствии с требованиями РСТ РСФСР должно содержать сумму окисей калия и натрия не менее 7.5% при калиевом модуле не более 0.5, что соответствует только составу блокового плагиоклаза. Содержание блокового плагиоклаза достигает 3% в дифференцированных жилах, преимущественно развитых на участках Новое и Узкое Хетоламбино.

При переработке на Чупинской ПОФ микроклинового пегматита выход конечного продукта – молотого пегматита – от исходного сырья составляет 42.5%.

С целью поисков более рациональных схем обогащения чупинских пегматитов на трех пробах весом по 1 т с составом, отвечающим среднему по жиле (183 и 183–6), выполнены опыты в Лаборатории обогащения полезных ископаемых Ленинградского гор-

Т а б л и ц а 5

Содержание (в вес. %) лимитируемых компонентов в керамическом сырье месторождения Хетоламбино (по данным Северной экспедиции СЗТУ)

Компоненты	Пегматит		микроклин-пертит
	несортированный (жильная масса)	микроклиновый	
Fe_2O_3	0.22- 1.16	0.08- 0.80	0.04- 0.17
$\text{CaO} + \text{MgO}$	0.86- 2.42	0.36- 1.22	0.20- 1.28
K_2O	1.91- 6.89	6.02-11.94	9.68-13.67
Na_2O	2.6 - 5.48	1.84- 3.42	1.15- 0.1
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	5.46-12.10	8.0 -13.29	12.62-15.3
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	0.4 - 2.0	2.2 - 6.1	2.5 -10.5
Свободный кварц	Нет данных	13-28	1.0 - 8.0

ного института. Методами сухой магнитной сепарации, электростатической сепарации и флотации при лабораторных исследованиях получен значительно более высокий коэффициент извлечения конечного продукта, чем на Чупинской ПОФ (0.884 и 0.879 против проектного 0.788 и фактического 0.608). При технологии извлечения и переработки сырья по схеме Горного института выход конечного продукта от жильной массы составит 28.7-24.5% против 15.8 и 16.2% при существующей схеме обогащения на Чупинской ПОФ. Выход молотого пегматита марки КПШМ можно увеличить за счет повышения качества рудоразборки, раздельного обогащения разностей и доведения концентрата до марки КПШМ-0.20-2 ГОСТ 7030-75 путем смешивания высококалийного концентрата с плагиоклазовым после помола и обогащения по красящим окислам. Сократить потери сырья и повысить качество продукции возможно за счет замены ручной рудоразборки на обогащение индустриальными методами.

Исследования обогатимости пегматитов методом электростатической сепарации и флотации в кислой среде показали, что коэффициент использования исходного пегматита (жильной массы) повышается до 60-70%. Доказано, что при содержании окиси железа в исходном материале, равном 1.4%, после двух операций магнитной сепарации по схеме Чупинской ПОФ оно может быть снижено до 0.1%, т.е. максимально допустимое содержание Fe_2O_3 в сырье для ПОФ может быть 1.4%, а не 0.8, как предусмотрено условиями.

Условия эксплуатации месторождения Хетоламбино достаточно просты. Оработка жил ведется одиночными карьерами, изредка одним карьером разрабатывается 2-3 сближенные жилы.

Ураккская жильная зона, расположенная в восточной части зоны обрамления Гирвасборского блока, выявлена при поисково-съёмочных работах в 1971 г. Прослеженная длина зоны 2.5 км, предполагаемая – порядка 10 км, видимая мощность 0.3–1 км, простираение зоны и жил субмеридиональное, падение жил юго-западное под углом 70°. Длина жил 200–600 м, мощность от 3 до 20 м. Протяженность по падению 50 и более метров. Вмещающие породы так же как в двух других зонах представлены эпидот-биотитовыми гнейсами хетоламбинской свиты, включающими тела габбро, амфиболитов, амфибол-биотитовых диоритов. Простираение гнейсов в южной части зоны СВ 40° с падением на ЮВ 35–40°, в северной – СЗ 340 – СВ 10° с падением на СВ и ЮВ под углом 40°. В южной части зоны жилы имеют по отношению к гнейсам кососекущее положение, а в северной – продольносекущее.

Образование Ураккской жильной зоны связывается с системой трещин сколового типа, обусловленных взбросо-надвигом, отмечающимся вдоль контакта керетской и хетоламбинской свит (подняты и надвинуты породы керетской свиты).

Состав жил Ураккской зоны плагио-микроклиновый, строение участково-зональное. Содержание микроклинового пегматита составляет от 31.0 до 33.6%, кусковой микроклин почти отсутствует (в разведанных жилах до 0.2%), содержание кварца достигает 2%. С выявлением этой зоны сближенных жил значительно расширились перспективы месторождения. По концентрации жил зона, по-видимому, превосходит Главную жильную зону. Прогнозные запасы сырья для Чупинской ПОФ по Ураккской зоне оцениваются в 1,5–2,0 млн.т (порядка 6 млн. т жильной массы). С разведкой и утверждением запасов в ГКЗ по этой жильной зоне будет решена проблема обеспечения сырьем Чупинской ПОФ на амортизационный срок службы и более без привозного сырья.

Кивгубская жильная зона расположена в 1 км восточнее Ураккской зоны, на северо-западном побережье Киргубы Белого моря. Общая протяженность зоны порядка 10 км при ширине 2–3 км.

В геологическом отношении Кивгубская зона располагается в породах керетской свиты – мелкозернистых биотитовых, эпидот-биотитовых гнейсах с телами основных-ультраосновных пород, образующих пояс субмеридионального простираения. Вдоль пояса основных пород отмечаются линзы и пласты среднезернистых рассланцованных эпидот-биотитовых гнейсов. Породы образуют пологую антиклиналь II порядка с северо-восточным погружением оси. Пегматиты приурочены к основным породам – габбро и залегают либо непосредственно в габбро, либо близ них – в мелкозернистых гнейсах. Простираение жил довольно разнообразно – 290–300°, 30–40° (до 70°) при непостоянном, преимущественно крутом падении.

В пределах зоны в настоящее время отмечается два участка обильного развития керамических пегматитов промышленных типов: Кивгуба в южной части зоны и в северной – Воробьево озеро.

На участке Кивгуба известно 133 жилы, среди которых отмечены участково-зональные и зональные с прерывистыми кварцевыми осями и блоковыми структурами микроклинового и плагиоклазового состава. Плагиоклаз иногда ирризирующий – беломорит (жила 7).

Жилы Кивгубской зоны, по данным предварительной оценки с поверхности (1–8, 14, 27), содержат до 50% микроклинового пегматита и до 18% чистого микроклина. Размеры жил невелики: длина по простиранию составляет 50–150 м, редко 200 м (жила 1), мощность 2–4 до 15–20 м. По падению пегматиты этой зоны не изучены. Форма жил часто сложная, „разветвленная“. Запасы микроклинового сырья в выявленных жилах до глубины 20 м от поверхности оцениваются в 200 тыс. т. Общие перспективы зоны составляют порядка 500 тыс. т микроклинового сырья. По 10 жилам качество кускового микроклинового сырья изучалось в лаборатории ГИКИ, где оно было признано пригодным к использованию в фарфоро-фаянсовых изделиях только после обогащения, так как в спеклах „чистых разностей“ обнаруживалась „мушка“. На основании этих испытаний пегматиты Кивгубы в настоящее время рассматриваются как источники сырья для Чупинской ПОФ. Однако в связи со значительными содержаниями микроклина в ряде жил дополнительное изучение качества микроклина кивгубских жил в дальнейшем представляется обязательным и необходимым, так как не исключена возможность „заражения“ сырья при производстве опыта.

Участок Воробьево озеро Кивгубской зоны изучен слабо. Выявленные здесь жилы не разведывались.

Участок оз. Белого выявлен также при поисково-съёмочных работах в 1971 г. Он расположен к северо-западу от Уракской жильной зоны. Здесь обнаружено 26 пегматитовых жил, образующих 2 куста – Центральный, с установленной длиной 1.8 км и мощностью 250 м, и Восточный, длина которого 1.1 км, ширина 300 м. Размеры жил разные, но в основном жилы протяженные – от 150 до 300 м при мощности 2–7 м, иногда более (до 14 м). Пегматиты большей частью незонального или участково-зонального строения, плагио-микроклинового состава. Более всего развит пегматит апографической структуры, иногда мелкоблоковой. Одна из самых крупных жил Белого озера (11) имеет длину 200 м, мощность 14 м. Жила имеет зональное строение, в центральной части ее развит блоковый микроклин с размером блоков от 0.5 до 1.5 м. Проведенными в ГИКИ испытаниями доказана пригодность микроклина жилы 11 для изготовления фарфоровой глазури. Запасы микроклина в жиле оцениваются в 14 тыс. т (до глубины 20 м от поверхности) и микроклинового пегматита – в 8.9 тыс. т, всего жильной массы – 53 тыс. т.

В геологическом отношении участок изучен слабо. Центральная часть его, сложенная мелкозернистыми амфибол-биотитовыми гнейсо-диоритами, понимается Е.П. Чуйкиной и др. как реликтовая. Зона обрамления к ней представлена среднезернистыми рассланцованными биотитовыми и эпидот-биотитовыми гнейсами. На западе

прослежена цепочка основных пород, расположенных субмеридионально. Пегматитовые жилы приурочены и к рассланцованным гнейсам и к мелкозернистым близ контакта их с рассланцованными.

Прогнозные запасы микроклинового сырья по участку Белого озера оцениваются в 300–400 тыс. т.

Чернореченская группа пегматитов

В Чернореченскую группу пегматитов объединяются жилы Блинковых и Кумужьих Варак, Панфиловой Вараки, Киндомыса, Лапсевой Губы, о-ов Оленевского (Каменный Стол), Лушова, Березового и др., а также пегматитовый шток Варанцова Варака. Все они „укладываются“ в пегматитоносную полосу – зону, протягивающуюся в направлении СЗ 350° – СВ 20° на северном продолжении Уракской и Кивгубской жильных зон.

В геологическом отношении Чернореченская группа пегматитов рассматривается как северное продолжение месторождения Хетоламлино и контролируется теми же структурно-тектоническими факторами, что и Хетоламлино.

Пегматиты Чернореченской группы изучались в довоенный период (1934–40 гг.) Г.Н. Бунтиным, К.А. Шуркиным, М.Б. Григоровичем, П.А. Борисовым и др. и в послевоенный (1966–67 гг.) группой геологов Северной экспедиции СЗТУ (Т.В. Жданова и др.). Результаты исследований довоенного периода изложены П.А. Борисовым [12]. В 1966–1967 гг. проведены поисково-съёмочные работы в районе Панфиловой Вараки, Кумужьих и Блинковых Варак, а также выполнена предварительная разведка жил 1–3 Блинковых Варак. В районе Панфиловой Вараки выявлены новые жилы, богатые микроклином.

Жилы Чернореченской группы залегают преимущественно в массивах основных пород, реже в приконтактных частях гнейсов и основных пород и еще реже в гнейсах хетоламбинской и керетской свит. Самой крупной из известных жил является неоднократно описанная в литературе жила Большая Панфилова Варака. Длина ее 270 м, мощность 2–25 м, протяженность по падению 40 м. Обычно же жилы имеют средние размеры 50–100х2–10 м.

Состав жил существенно микроклиновый, строение часто зональное с широким развитием блоковых и пегматоидных структур. Характерно почти полное отсутствие в пегматите загрязняющих минералов (слюд, турмалина, граната и др.). Жилы Б.Панфилова Варака и Каменный Стол по данным довоенной отработки содержат до 45% чистых микроклиновых разностей. Жилы 1–3 Блинковых Варак содержат в среднем 26.3% микроклиновых разностей, в том числе 6.8% микроклина (в жиле 3 – 11%).

Чистые микроклиновые разности пегматитов Чернореченской группы являются и по заключению ГИКИ, и по многолетним данным использования в производстве высокосортным сырьем для про-

изводства изделий тонкой керамики. Перспективы Чернореченской группы определяются в 400 тыс. т микроклина и микроклинового пегматита.

Освоение пегматитов этой группы пока отложено в связи с выявлением на месторождении Хетоламбино (Уракская зона) в экономически более выгодных условиях крупных запасов сырья для Чупинской ПОФ и кускового микроклина, пригодного для изготовления фарфоровых глазурей, на Хетоламбино и на месторождении Пиртима.

Месторождение Постельное озеро

Месторождение расположено в 40 км к юго-востоку от Чупы и приурочено к породам хетоламбинской свиты, представленным здесь биотитовыми, амфибол-биотитовыми и гранат-амфиболовыми гнейсами.

Гнейсы образуют пологую антиклинальную складку III порядка с осью, погружающейся в северо-западном направлении. Широко развиты габбро-нориты, пироксениты, амфиболиты и пегматитовые жилы. В центральной части месторождения отмечено пластовое тело аплитовидного гранита протяженностью 1.5 км при мощности до 20 м (рис. 6).

На месторождении известно 445 жил, залегающих в биотитовых и амфиболовых гнейсах. Простираение жил СЗ 330–340° при падении на северо-восток и юго-запад под углом 50–70° до вертикального. Жилы секущие, с резкими контактами. Форма тел плитообразная. Длина жил по простираению составляет 50–300 м, по падению – свыше 50 м, при мощности от 1 до 20 м. По составу жилы, залегающие в амфиболовых гнейсах, преимущественно микроклин-плагиоклазовые, а в биотитовых гнейсах плагио-микроклиновые. Примерно 5% жил месторождения являются слюдяно-керамическими, в том числе жила 10. Мусковит в жилах Постельного озера, как и в других слюдяно-керамических жилах района, низкого качества.

В 1972 г. на полевошпатовое сырье здесь изучалось 9 жил. Из них наиболее крупной является жила 10 с запасами (в тыс. т) жильной массы: 484, в том числе микроклина – 26.2, чистого микроклинового пегматита – 77.7, загрязненного микроклинового пегматита 37.3, смешанного пегматита – 8.9, плагиоклаза – 17.8, чистого плагиоклазового пегматита – 112.0, загрязненного плагиоклазового пегматита 203.9 т. Общие запасы остальных жил составляют 970 тыс. т жильной массы. Выход микроклинового пегматита в них колеблется обычно от 25–30 до 50–65%, микроклина – от 0.6 до 28.7%. По данным завода им. Ломоносова микроклин и микроклиновый пегматит пригодны для изготовления фарфоровых глазурей (табл. 6).

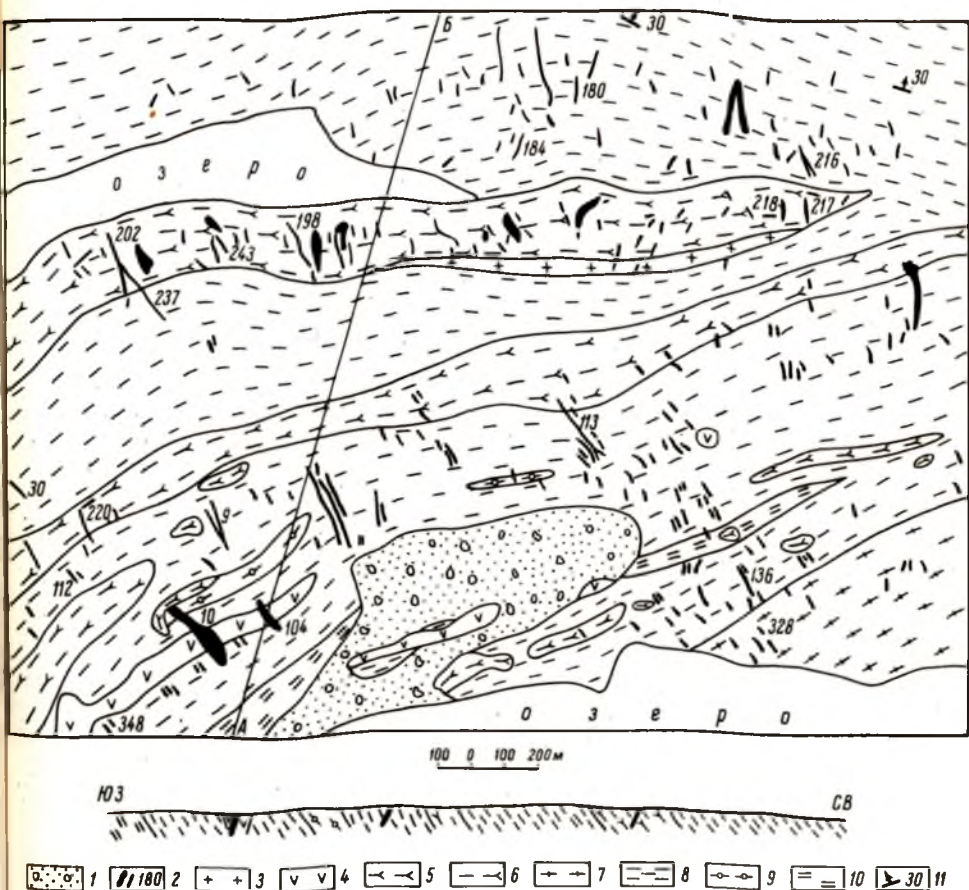


Рис. 6. Схематическая геологическая карта месторождения пегматитов Постельное озеро. (По Н.В. Яковской).

1 - четвертичные отложения; 2 - пегматитовые жилы и их номера; 3 - граниты алитовидные; 4 - габбро-нориты, габбро-амфиболиты; 5 - амфиболиты; 6 - амфиболовые гнейсы; 7 - мигматиты и гранито-гнейсы; гнейсы: 8 - биотитовые, 9 - дистеновые, 10 - двуслюдяные; 11 - элементы залегания.

Месторождение Пиртима

Месторождение расположено в 120 км к юго-западу от пос. Чупа и приурочено к зоне сочленения протерозойских и архейских образований (карелид и беломорид). Пегматиты залегают среди грано-диоритовых гнейсов, эпидозитов, микроклиновых гранито-

Т а б л и ц а 6

Содержание (в вес. %) лимитируемых компонентов
в керамическом сырье жилы 10 Постельного озера

Компоненты	Микроклин	Микроклиновый пегматит		Плагиоклазовый пегматит	
		чистый	загряз- ненный	чистый	загряз- ненный
SiO ₂	65.0 -66.21	69.6 -70.6	69.4 -70.4	68.8 -75.2	65.4 -66.4
TiO ₂	Сл. - 0.01	0.01- 0.02	0.03- 0.04	0.03- 0.03	0.08- 0.09
Al ₂ O ₃	18.7 -18.8	16.2 -16.5	15.9 -16.5	14.75-19.1	15.2 -19.7
Fe ₂ O ₃	0.10- 0.11	0.13- 0.16	0.42- 0.61	0.2 - 0.61	0.49- 1.11
CaO	0.37- 0.41	0.28- 0.41	0.70- 1.04	1.95- 3.21	1.11- 2.35
MgO	0.08- 0.10	0.1 - 0.1	0.18- 0.27	0.1 - 0.1	0.1 - 0.45
K ₂ O	11.6 -12.44	7.92-10.4	9.0 - 0.1	2.47- 2.74	1.07- 2.14
Na ₂ O	2.16- 3.0	1.82- 2.3	2.27- 3.2	4.44- 6.4	4.0 - 5.88
K ₂ O + Na ₂ O	14.6 -14.6	11.08-12.9	11.37-12.2	7.18- 7.2	0.27- 0.34
K ₂ O : Na ₂ O	3.8 - 5.7	4.0	2.8 - 4.0	0.61- 0.42	5.07- 8.02

гнейсов, ортоамфиболитов и амфиболовых ортогнейсов. Глиноземистые гнейсы развиты незначительно. При геологической съемке и поисках в районе горы Пиртима выявлено более 40 пегматитовых тел плагиомикроклинового состава, дифференцированных, небольшой мощности. Самое крупное из них (жила 1) разведана канавами и скважинами до глубины 70 м от поверхности. Это слюдяно-керамическая жила с редкометальной аксессуарной минерализацией (тип III, подтип А).

Жила 1 залегает в северном крыле Пиртигорской антиклинали в амфибол-биотитовых гнейсо-диоритах. Это крупное секущее плитообразное тело длиной по простиранию 420 м, мощностью от 10 до 40 м, протяженностью по падению более 60 м. Простирание жилы СЗ 340°, падение крутое на северо-восток. Тело зонального строения, сложено микроклин-плагиоклазовым пегматитом преимущественно блоковой, апографической и петельчатой структур. Центральная зона жилы мощностью 2.5-12.6 м сложена блоковым плагио-микроклиновым пегматитом. В северной части жилы эта зона несет крупные обособления кварца, блоки микроклина, частично амазонитизированного, и мусковит. Отмечаются аксессуарные флюорит и редкометальные минералы, повсеместна альбитизация (рис. 7, см. вкл.).

Из жилы 1 по данным предварительной разведки может быть получено более 25 тыс. т амазонита и микроклина, при выходе в сумме порядка 16% от жильной массы. Оба вида полевого шпата по данным испытаний в ГИКИ и на Дмитровском фарфоровом заводе пригодны для изготовления фарфоровых глазурей. Микроклин содержит 0.02–0.12% красящих окислов, имеет калиевый модуль >3 (до 7.2) и по всем показателям соответствует требованиям на полевой шпат (кусковой) для производства фарфоровой глазури. Мусковит в жиле приурочен к центральной зоне, где различаются в соотношении примерно 1:1 две разновидности слюды: темно-зеленая, низкого качества, и светло-зеленая, почти без включений, но расщепляющаяся иногда с задиром. По данным технологических исследований мусковит пригоден для изготовления щипаной слюды и ответственных электроизоляционных изделий.

Технико-экономические расчеты, выполненные институтом „Гипронинеметаллоруд“, показывают, что жила 1 без учета общих перспектив района горы Пиртимы и зоны сочленения в целом может быть отработана на микроклин и мусковит с уровнем рентабельности к себестоимости 102.9% (производственным фондам – 161.2%) за 0.56 года, даже в случае использования всего мусковита на производство слюдинита.

В 1975 г. на месторождении проведены поиски и оценка ранее выявленных пегматитов в районе горы Пиртимы. Выявлено 16 жил и установлено развитие двух типов жил: субмеридионального и северо-западного простираций – зональные, содержащие до 20–30% блокового микроклина, и северо-восточного простираения – слабо дифференцированные, содержащие преимущественно микроклиновое сырье, требующее обогащения по красящим окислам. Однако жилы (2, 4, 5), содержащие кусковой микроклин, малы по размерам. Запасы микроклина в них составляют около 7 тыс. т.

ПЕГМАТИТЫ КЕМСКО-БЕЛОМОРСКОГО РАЙОНА

Общие сведения

Кемско-Беломорский пегматитоносный район располагается к югу от Чупино-Лоухского района на непосредственном его продолжении, вдоль западного побережья Белого моря в пределах полосы шириной порядка 30–60 км, прослеживаясь на юго-восток почти до побережья Онежского озера. Общая площадь района составляет около 17 тыс. км², в том числе площадь продуктивных на пегматиты пород около 600 км². Район слабо изучен. Известные в его пределах пегматитопоявления (хутор Половина, Березовое, Слюдяной Бор и др.) до последнего времени изучались преимущественно как источники мусковита, хотя все из исследованных пегматитов относятся по составу и строению к подтипам слюдяно-керамических или слюдяно-керамических с акцессорной редкометальной минерализацией, а часто и „чисто“ керамических.

Геология района в разные годы изучалась К.К. Судиславлевым, Н.А. Волотовской, Л.А. Косым, В.А. Токаревым, М.Д. Гузиновым, Н.А. Островской, В.В. Сиваевым, Б.С. Лавровым, М.М. Стенарем и др.

В последние годы (1963–1975) в этом районе Карельской комплексной экспедицией СЗТГУ при производстве поисково-съёмочных работ выявлены и предварительно разведаны крупные слюдяно-керамические с акцессорной редкометальной минерализацией пегматиты месторождения Слюдяной Бор и куст керамических пегматитов Торлова Ручья.

В геологическом отношении район занимает южную часть Беломорской структурно-формационной зоны (юго-восточное Беломорье), в строении которой принимают участие метаморфогенные породы архейского и протерозойского возрастов, вмещающие многочисленные интрузии от кислого до ультраосновного состава.

Породы архейского возраста, как и в Чупино-Лоухском районе, относятся к беломорскому комплексу и также расчленяются разными исследователями Кемско-Беломорского района на ряд толщ и свит по-разному.

Сотрудниками Карельского филиала АН СССР породы беломорского комплекса разделены на 4 свиты: керетскую, хетоламбинскую, лоухскую и чупинскую. Последняя и первая коррелируются с одноименными свитами по К.А. Шуркину [99]. В 1965 г. В.В. Сиваевым и Б.С. Лавровым выделены в беломорских гнейсах района керетская, хетоламбинская, лоухская, выгостровская и енская свиты, из которых лоухская, хетоламбинская, керетская соответствуют одноименным свитам по К.А. Шуркину, а выгостровская – кандской.

Протерозойские образования М.М. Стенарем объединены в пёбозерскую свиту (нижний отдел гимольско-парандовской серии), куда вошли и породы енской свиты по Сиваеву В.В. Породы пёбозерской свиты немногочисленны.

Преимущественным развитием в районе пользуются породы керетской свиты (более 50% площади), разделенные на верхнюю и нижнюю толщи.

Нижняя сложена неполосчатыми средне- и мелкозернистыми биотитовыми, эпидот-биотитовыми, двуслюдяными гнейсами и гранито-гнейсами с маломощным горизонтом амфиболитов и амфиболовых гнейсов в верхах толщи.

Верхняя толща представлена преимущественно крупнозернистыми биотитовыми, двуслюдяными, реже амфиболсодержащими гнейсами с прослоями полосчатых амфиболитов. Породы керетской свиты слагают по М.М. Стенарю ядра антиклиналей – куполов. В замковых частях куполов и в краевых частях этих структур, примыкающих к породам нижнепротерозойского возраста, гнейсы нижней толщи керетской свиты интенсивно гранитизированы, мигматизированы, подвергнуты расщеплению, мусковитизации, окварцеванию.

В хетоламбинской свите выделяется также две толщи. Нижняя сложена амфиболитами с прослоями кианит-гранат-биотитовых, гранат-биотитовых и амфиболсодержащих биотитовых гнейсов. Верхняя толща состоит из амфибол-биотитовых гнейсов, переслаивающихся с биотитовыми, эпидот-биотитовыми и гранатсодержащими гнейсами. Степень мигматизации пород хетоламбинской толщи незначительная. Они образуют, как правило, ядра синклиналей, осложняющих крылья куполов. Породы этой свиты развиты в восточной и северной частях района и занимают порядка 30% его площади.

Пебозерская свита нижнего отдела протерозоя гимольско-парандовской серии закартирована в юго-западной, западной и северо-западной частях района в верховьях Шуи, Выга и Кеми на 20% площади района. Породы пебозерской свиты с угловым и стратиграфическим несогласием перекрывают хетоламбинскую свиту. Свита подразделяется на верхнюю и нижнюю — слюдяноборскую.

Верхняя толща сложена порфиروبластическими гранатовыми и полевошпатовыми амфиболитами, амфиболовыми, амфибол-биотитовыми и мусковитовыми сланцами. Гнейсы верхней толщи согласно залегают на глиноземистых гнейсах нижней толщи, состоящей в низах из сланцев и кварцитов (базальный горизонт в районе оз. Воронье) и кианит-гранат-биотитовых, ставролит-гранат-биотитовых, кианит-ставролит-гранат-биотитовых, гранат-биотитовых, мусковит-биотитовых и мусковитовых гнейсов с маломощными прослоями биотит-амфиболовых, амфиболовых гнейсов и сланцев и рассланцованных амфиболитов. Глиноземистые гнейсы пебозерской свиты представляют собой средне- и крупнозернистые породы темно-серого или ржаво-бурого цвета с хорошо выраженной гнейсовидностью и полосчатостью и отличаются от соответствующих образований беломорского комплекса по структурно-текстурным особенностям (крупнозернистые, порфиرويدные) степени метаморфизма и парагенезису слагающих их минералов, отсутствию широкого развития процессов ультраметаморфизма. Мусковит-биотитовые гнейсы, как правило, вторичные, приурочены к зонам тектонических нарушений. Амфиболиты являются глубоко метаморфизованными основными породами.

Все промышленные или перспективные слюдоносные (слюдяно-керамические) жилы, известные в районе, приурочены к слюдяноборской толще (Слюдяной Бор, Хутор Половина и др.).

Из интрузивных пород архейской группы в районе развиты доорогенные габбро-амфиболиты и амфиболиты, раннеорогенные пироксениты, оливиниты, габбро-нориты, габбро-диориты, кварцевые диориты и грано-диориты и синорогенные граниты и пегматиты и позднеорогенные габбро-диабазы, дайки которых пересекают раннеорогенные друзиты и синорогенные граниты.

Среди интрузивных пород протерозойской группы выделяются ранние и поздние. К ранним относятся плагиомикроклиновые граниты, серпентиниты, метагаббро, метагаббро-анортозиты, а к поздним — дайки габбро-диабазов. В юго-западной части района размещен на площади около 300 км² массив гранитов протерозой-

ской группы. Граниты преимущественно массивные, среднезернистые (порфировидные) с крупными выделениями микроклина.

Жильные образования архейской и протерозойской групп представлены кварцевыми и пегматитовыми жилами.

Кварцевые жилы согласные, согласно-секущие и секущие, развиты в породах всех свит архея и протерозоя, но более всего в слюдяноборской толще пелобозерской свиты. Преимущественное простирание кварцевых жил СЗ 280 и СВ 40°, мощность их от 0.2 до 10 м, длина до 50 м. Пегматитовые жилы вмещаются в основном глиноземистыми гнейсами – гранато-биотитовыми, ставролит-кианит-гранат-биотитовыми, реже амфиболовыми и мигматизированными биотитовыми гнейсами, которые облекают (обрамляют) куполообразные структуры, сложенные более древними образованиями керетской свиты. Большая часть пегматитов приурочена к осевым частям и переклиналям складок высоких порядков в зонах сочленения образований беломорского комплекса с гнейсами слюдяноборской толщи пелобозерской свиты.

Пегматитовые жилы Кемско-Беломорского района в геоструктурном плане расположены в пределах зоны сочленения архейских и протерозойских образований и образуют единый пегматитовый пояс протяженностью более 450 км при ширине 20–30 км от месторождения Слюдяной Бор через месторождение Пиртима, далее на север до широты пос. Алакурти [96]. „Пояс“ обрамляет Беломорский блок с юга, юго-запада и запада.

В настоящее время наиболее изучена южная часть этого пояса: Слюдяной Бор, Торлов Ручей, Удинское жильное поле. В пределах пояса как перспективные выделены Хутор Половина, северная часть Охтинского жильного поля, район с. Шуеречкая, среднего течения р. Егут, район оз. Гагарино. Размеры пегматитовых жил на известных месторождениях крайне разнообразны: от первых метров до 350 м по длине, от 0.3 до 65 м по мощности и до 200 м по падению.

В районе выделяются 5 наиболее крупных пликативных структур: Сорокская, Удинская и Охтинская антиклинали, Кетьмуksинская и Торловручейская синклинали.

Основные дизъюнктивные нарушения в районе имеют СВ и СЗ простирания. Пегматиты тяготеют к оперяющим их разломам.

Месторождение Слюдяной Бор

Месторождение расположено близ г. Беломорска. Геологическое изучение района началось в конце XIX в. одновременно с изысканиями при строительстве Мурманской железной дороги. С 1967 г. месторождение разведывалось Н.А. Богдановым, Е.А. Беляковым, Э.С. Махновецким. Всего к настоящему времени на площади месторождения выявлены 34 пегматитовые жилы и многочисленные мелкие пегматитопоявления, сосредоточенные в 5 разобщенных

кустах-участках: Лавриковском, Кузнечном, Алексеевском, Моховом и Восточном, находящихся на расстоянии 0.5–1.5 км один от другого. Самые крупные пегматитовые тела 27, 28, 29 расположены на участке Лавриковском (рис. 8).

В геологическом строении месторождения принимают участие породы керетской свиты архея и пебозерской свиты нижнепротерозойского возраста.

Тектоническое строение месторождения определяется наличием двух структур III порядка: Центральной брахиантиклинали и Кузнечно-Лавриковской грабен-синклинали.

Центральная брахиантиклиналь, сложенная архейскими породами керетской свиты, осложнена серией узких изоклинальных, опрокинутых на восток складок IY и высших порядков субмеридиональной и северо-восточной ориентировки.

В районе ручья М. Кетьмукса в периклинальном замыкании Центральной брахискладки северо-восточная складчатость керетской свиты срезается северным крылом Кузнечно-Лавриковской грабен-синклинали субширотного простираения. Кузнечно-Лавриковская грабен-синклиналь, крылья которой сложены глиноземистыми гнейсами, а ядро – амфиболитами и амфиболсодержащими гнейсами пебозерской свиты, обрамляет Центральную брахиантиклиналь с юга и запада. Простираение оси складки меняется от субширотного на юге, на северо-западное в центре и субмеридиональное на севере. В пределах грабен-синклинали породы также смяты в опрокинутые на северо-восток изоклинальные с крутым (80°) падением крыльев складки высоких порядков.

В связи с ундуляцией осей складок в ядерных частях обнажаются глиноземистые породы нижней толщи пебозерской свиты. На площади месторождения широко развиты дизъюнктивные структуры, тектонические зоны, наиболее древние из которых имеют северо-западное и субмеридиональное простираения. Оперяющие их многочисленные разноориентированные разломы или трещинные зоны являются, вероятно, более молодыми, возникающими при подновлениях древних тектонических зон.

Широко развиты и пострудные нарушения северо-восточного и северо-западного простираений с крутыми углами падений (до 90°), по которым отмечаются иногда смещения отдельных частей пегматитовых тел.

Породы керетской свиты занимают порядка 60% площади месторождения. В составе свиты преобладают разнообразные биотитовые гнейсы, значительно менее развиты маломощные пластообразные тела и линзы амфиболитов и амфибол-биотитовых гнейсов и эпидот-биотитовые гнейсы. Характерна интенсивная мигматизация и мусковитизация пород керетской свиты. Мусковитизация фиксируется по линейновытянутым зонам шириной 10–15 м и связывается с гидротермальной деятельностью по зонам тектонических нарушений. Мигматизация носит послыйный характер. Нередко в гнейсах отмечаются

метабласты розового микроклина размером до 8–10 см, образующие иногда цепочки, согласные с гнейсовидностью.

Контакт пород керетской и пебозерской свит тектонический. В зоне контакта гнейсы катаклазированы, мигматизированы и мусковитизированы. Образования пебозерской свиты на месторождении представлены преимущественно глиноземистыми гнейсами и сланцами нижней толщи. В составе последней содержатся кианит-ставролит-гранат-биотитовые гнейсы (2–15% кианита и 1,5–30% ставролита), кианит-гранат-биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы с незначительным количеством прослоев биотитовых гнейсов и амфиболитов. Последние обычно встречаются в верхах слюдяноборской толщи в виде пластов и линз мощностью от 0,5 до 80,0 м протяженностью до 400 м.

Породы верхней толщи пебозерской свиты составляют ядерную часть Кузнечно-Лавриковской синклинали в южной части месторождения и узких грабен-синклиналей на Моховом и Лавриковском участках. Они представлены перемежающимися амфиболитами, амфиболовыми, амфибол-биотитовыми, гранат-амфиболовыми, гранат-биотитовыми и биотитовыми гнейсами и сланцами и маломощными прослоями ставролит-кианит-гранат-биотитовых гнейсов. Амфиболиты встречаются в верхней толще повсеместно в виде пластовых тел мощностью от 1–300 м до 1,3 км по простиранию.

Интрузивные породы на месторождении представлены многочисленными мелкими телами ортоамфиболитов, габбро-диабазов и массивом архейских плагио-микроклиновых гранитов. Все породы секутся многочисленными кварцевыми и пегматитовыми жилами архейского и протерозойского возраста. Пегматиты в виде мелких (0,5–1,0х10–15 м) линзовидных тел и прожилков, приуроченных к межслоевым границам мелких складок и межбужинным пространствам, являются предположительно архейскими синскладчатыми метаморфогенными образованиями. В силу небольших размеров они не могут быть промышленными объектами на полевошпатовое сырье.

Пегматиты протерозойского возраста относятся к подтипу слюдяно-керамических с акцессорной редкометальной минерализацией (тип III, подтип А табл. 4). Для части пегматитов месторождения характерны специфическая акцессорная цезий-бериллиевая минерализация, широкое развитие зеленого мусковита и альбитизация полевых шпатов.

В пределах месторождения пегматитовые жилы залегают преимущественно в слюдяноборской толще пебозерской свиты, обрамляющей с юга и запада блок архейских пород, и образуют единую жилую зону протяженностью 4,5 км при ширине до 0,5 км, огибающую архейский блок согласно с вмещающими гнейсами. В жилой зоне насчитывается 22 жилы, группирующиеся в три куста: а) куст жил участка Кузнечного, на юге зоны, состоит из 7 жил, где самая крупная жила 1 чисто керамическая; б) куст слюдяно-керамических жил участка Лавриковского из 10 жил, 4 из которых (4, 27–29) содержат основные запасы полевошпатового сырья: вы-

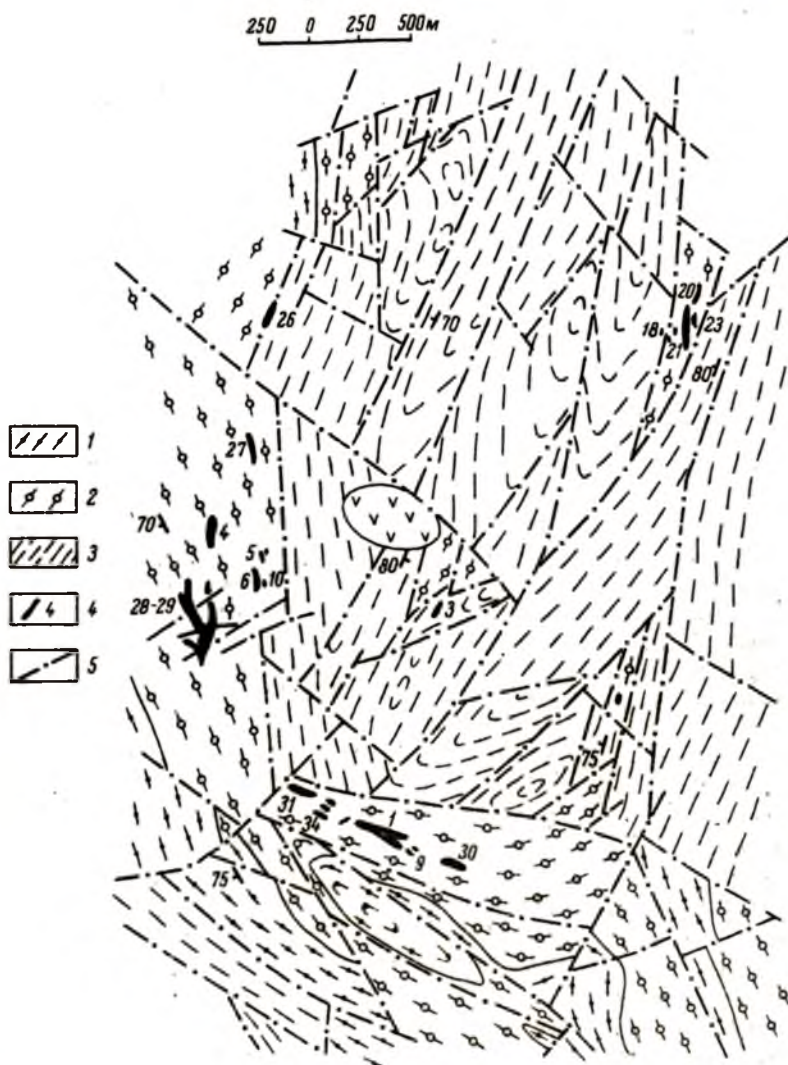


Рис. 8. Схематическая геологическая карта месторождения Слюдяной Бор. (Материалы Беломорской партии СЗТГУ).

1 - пелозерская свита, верхняя подсвита: амфиболовые гнейсы и сланцы с линзами амфиболитов; 2 - нижняя подсвита: глиноземистые гнейсы с линзами и прослоями биотитовых гнейсов и амфиболитов; 3 - беломорский комплекс, керетская свита: биотитовые гнейсы с линзами амфиболитов; 4 - пегматитовые жилы и их номера; 5 - тектонические нарушения.

сококачественного чистого микроклина, чистого микроклинового пегматита и микроклинового пегматита, требующего обогащения, кроме того, содержится мусковит и чистый кусковой кварц; в) куст из 4 мелких непромышленных жил участка Мохового. Еще два куста пегматитовых жил залегают в глиноземистых породах слюдяноборской толщи среди пород Центрального блока: участки Восточный (8 удлиненных линзообразных тел) и Алексеевский – 3 жилы.

Размеры пегматитовых жил разнообразны – от маломощных инъекций до крупных тел, достигающих 350 м по простиранию, более 200 м по падению при мощности до 65 м. Жилы имеют форму уплощенных линз, караваяобразную и сложную формы с многочисленными апофизами, раздувами, „карманами“.

По составу пегматиты месторождения преимущественно плагио-микроклиновые, реже существенно микроклиновые (жила 4), четко дифференцированные, а наиболее крупные имеют зональное строение.

Промышленное значение имеют жилы 4, 27–29 участка Лавриковского. Перспективными на микроклиновое сырье представляются слабо изученные жилы 30 и 31 участка Кузнечного, 2 и 3 участка Алексеевского. Последние содержат кускового микроклина 14%, чистого микроклинового пегматита – 18–20%, загрязненного – 8–10% (марка П1К и Ш1К, П2К ГОСТ 7030–87, или КПШК 0.20–3, ПШК 0.15–3, КПШК 0.3–3 ГОСТ 7030–75).

Жила 4 участка Лавриковского известна со времен открытия месторождения и доразведана в 1971–1974 гг. Она представляет собой согласное тело утолщено-линзовидной формы с резкими, четкими контактами, длиной по простиранию 140 м, протяженностью по падению 80 м при мощности от 5 до 28 м. По данным скважин мощность с глубиной постепенно уменьшается (рис. 9).

Жила вмещается биотит-амфиболовыми и гранат-биотит-амфиболовыми гнейсами, мелкозернистыми полосчатыми, сменяющимися на удалении 3 м от висячего контакта и 15–20 м от лежащего кианит-ставролит-гранат-биотитовыми гнейсами. В непосредственном контакте с жилой наблюдаются гранат-биотитовые и биотитовые гнейсы, на отдельных участках турмалинизированные в полосе 10–20 см от контактов. Жила типично керамическая, участково-зонального строения. Основная часть ее сложена плагиомикроклиновым пегматоидным пегматитом. В приконтактных частях обычен, но не повсеместен, плагиоклазовый пегматит ортотектитовой структуры (зона прерывистая, мощностью 10–20 см). В центре тела развита зона гиганто-блокового плагио-микроклинового пегматита мощностью от 3 до 16 м, где соотношение микроклина к плагиоклазу 10:1, а размер блоков микроклина достигает 1–5 м. Кварцевая ось или ядро отсутствуют. В нижних частях, как показывают скважины, состав пегматита плагиоклазовый, обильно развит биотит. Пегматит апографической структуры и кварц-мусковитовый комплекс развиты незначительно. Практически повсеместно, но более всего в краевых частях в жиле развит по трещинам разных направлений биотит в виде вытянутых изогнутых лейст и пачек до 20 см в поперечнике,

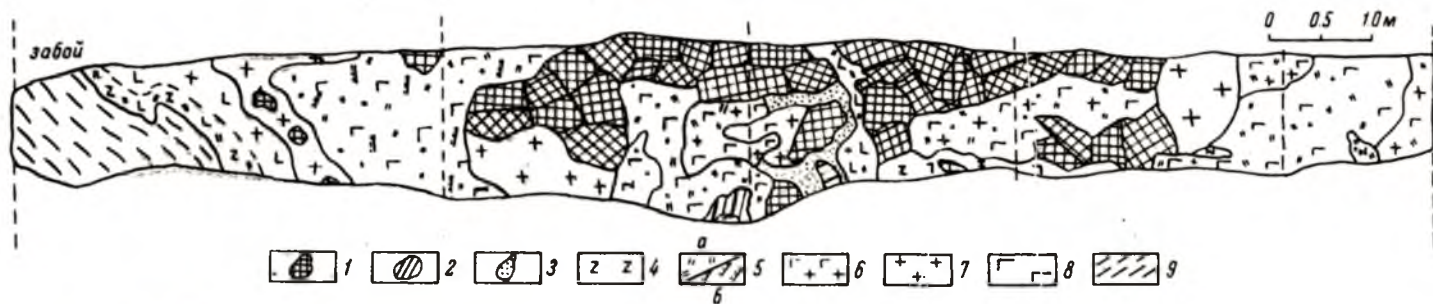


Рис. 8. Строение пегматитовой жилы 4 месторождения Слюдяной Бор по разведочной канаве. (Материалы Беломорской партии СЗТГУ).

Блочные: 1 - микроклин, 2 - плагиоклаз, 3 - кварц, 4 - пегматит алогографической структуры; 5 - слюды: мусковит (а), биотит (б); пегматит: 6 - микроклин-плагиоклазовый пегматоидной структуры, 7 - микроклин-новый графической и пегматоидной структур, 8 - плагиоклазовый пегматоидной структуры; 9 - гнейс биотитовый.

иногда с мусковитовым замещением. Мусковит в жиле 4 двух генераций: пегматоидный и связанный с кварц-мусковитовым комплексом. Качество мусковита низкое („зажимистость“, перемятость, включения разных минералов), размер пачек не превышает 8-12 см, содержание невысокое.

По содержанию микроклина жила 4 самая богатая из разведанных на месторождении, выход микроклина в боковых частях не менее 2-3%, а в срединных – до 80%. Цвет его серовато-белый, зеленоватый, а в северной части жилы – розовый. По данным исследований ГИКИ микроклин отличается высоким качеством. Минеральные включения отмечаются только по периферии блоков.

Типично керамическими также являются жилы 5 и 6 на участке Лавриковском. Содержание микроклина в них 12.8% и 11.5%, а чистого микроклинового пегматита до 18%.

Жила 27 участка Лавриковского выявлена при поисковых работах в 1966 г. В настоящее время она разведана только скважинами. Жила представляет собой согласно секущее сложное тело с многочисленными апофизами и прихотливыми контурами в плане и разрезе. Верхняя субгоризонтальная секущая часть жилы и одна из крупных апофиз расположена в 40-50 м от поверхности. Длина жилы 250 м, горизонтальная мощность в средней части достигает 110 м. Мощность южной части жилы составляет 35 м, залегание согласное, крутое, форма плитообразная. Простираение жилы субмеридиональное ($355-50^\circ$), падение апофиз на запад под углом $80-85^\circ$.

Вмещают жилу гранат-биотитовые, кианит-гранат-биотитовые и ставролит-кианит-гранат-биотитовые гнейсы, превращенные в зоне экзоконтакта в биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы. Обычно близ жилы, особенно в висячем боку, гнейсы мусковитизированы, до двуслюдяных и мусковитовых гнейсов. Турмалинизация проявлена незначительно. Жила 27 разбита на ряд блоков пострудными нарушениями, устанавливаемыми в скважинах по поглощению промывочной жидкости, появлению в керне зеркал скольжения, зон расщепления и трещин, выполненных вторичными минералами (хлорит, эпидот, серицит и др.). В средней части жилы существенных смещений не установлено.

Дифференциация пегматита, слагающего жилу 27, несмотря на значительную мощность, довольно слабая. Жила имеет участково-зональное строение. Кварцевая ось отсутствует. Тело сложено преимущественно плагио-микроклиновым пегматоидным пегматитом. Зональность проявлена в укрупнении индивидов породообразующих минералов и увеличении содержания микроклина от контактов жилы к срединным частям. Приконтактные зоны сложены плагиоклазовым пегматитом мелкозернистой структуры (1-10 см), затем прослеживается невыдержанная по простираению зона среднезернистого плагиоклазового пегматита и только в центральных частях отмечен мелкозернистый плагио-микроклиновый и микроклин-плагиоклазовый пегматит с отдельными моноблоками микроклина размером до 1.0-1.5 м. Повсеместно развит кварц-мусковито-

вый комплекс в форме изометричных или удлиненных обособлений. Он образует в эндоконтактах жилы зоны мощностью от нескольких сантиметров до 5–6 м. Среди мусковита этой генерации, так же как и пегматоидного, примерно половина имеет коричневую окраску, иногда с рубиновым оттенком. Отдельные пачки пегматоидного мусковита визуально отличаются высоким качеством (без включений, перематости, волнистости и др.). Закономерностей размещения высококачественного коричневого мусковита не установлено. Ослюждение в целом крайне неравномерное. Содержание микроклина составляет порядка 15%, чистого микроклинового пегматита – 10%. Микроклин с зеленоватым оттенком, а плагиоклаз ирризирует в нежно-фиолетовых тонах. Довольно интенсивно проявлена альбитизация.

Жила 28–29 представляет собой крупное пегматитовое тело сложной, разветвленной формы, чаще с согласными контактами и в отдельных частях – секущими по отношению к слоистости при обязательных в этом случае „подгибах” гнейсов в экзоконтактах жилы. На участке жилы фиксируются многочисленные разрывные нарушения от микротрещин до крупных разрывов северо-восточного простирания с небольшими (от 3 до 15 м – в плане и 0.5–5 м по вертикали) смещениями. Последними жила 28–29 разбита на несколько блоков (рис. 10).

Нарушения картируются по зонам тектонических трещин, vyplненных скоплениями желтовато-серебристого серицита и зеленоватого хлорита с пленками гидроокислов железа на плоскостях трещин. Преимущественное простирание их 50–60°, падение крутое (80–85°) на юго-восток, реже – северо-запад. Отмечены на участке жил 28–29 и тектонические нарушения субмеридиональной ориентировки (СВ 5–10°). Наиболее древними являются нарушения северо-западного простирания, фиксирующиеся по контактам пегматитов жилы 28–29. Многочисленные пострудные трещины не минерализованы. Приконтактные изменения вмещающих пород выражены в мусковитизации их в зоне 2–3 м и резком обеднении их ставролитом и кианитом в зоне от 0.5–5 м. В отдельных случаях отмечена турмалинизация вмещающих гнейсов, в зоне не более 0.5 м. Кристаллы турмалина ориентированы обычно согласно слоистости, а в эндоконтакте крупнокристаллический турмалин располагается удлинением вкрест или под углом к плоскости контакта. В незначительной степени проявлены сульфидизация, эпидотизация, хлоритизация вмещающих пород. Последние интенсивно проявлены в контактах пегматитов, совпадающих с тектоническими нарушениями. Состав жилы плагио-микроклиновый, микроклин-плагиоклазовый. Породообразующими минералами являются плагиоклаз, микроклин, кварц, мусковит, второстепенными – гранат, турмалин, апатит и акцессорный берил.

В различных частях жилы 28–29 дифференциация пегматита разная: центральная и южная имеют зональное строение с кварц-микроклиновыми ядрами, а остальные части – участково-зонального строения. В жиле в целом более всего развит пегматит пегма-

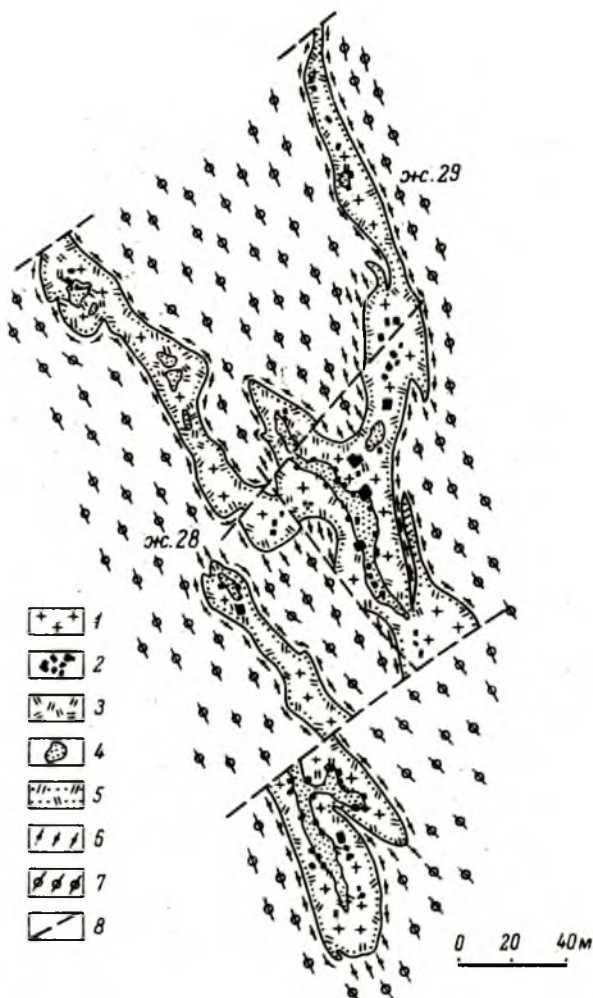


Рис. 10. План пегматитовой жилы 28-29 месторождения Слюдяной бор (на горизонте +28 м). (Материалы Беломорской партии СЗТГУ).

1 - пегматиты микроклин-плагиоклазовые альбитизированные; 2 - микроклин блоковый; 3 - мусковит пегматоидный; 4 - кварц блоковый; 5 - кварц-мусковитовый комплекс; 6 - гнейсы гранат-биотитовые; 7 - гнейсы ставролит-кианит-гранатовые, переслаивающиеся со ставролит-гранат-биотитовыми; 8 - тектонические нарушения.

тоидных и блоковых структур, плагио-микроклинового состава с возрастанием содержания микроклина и укрупнением зернистости к центру жилы. В приконтактных частях развита маломощная зона мелкозернистого пегматоидного пегматита плагиоклазового состава. Блоки микроклина и кварца развиты более всего в мощных частях жил (10-12, 15-20 м), нередко блоки полевых шпатов размером до 1.0-1.5 м и в пегматоидном пегматите боковых зон, а более мелкие (0.4-0.5 м) - в приконтактных зонах из мелко- и среднезернистого плагиоклазового пегматоида. На отдельных участках от контакта до центра жила сложена плагиоклазовым или микроклин-плагиоклазовым пегматоидным пегматитом (рис. 11).

Участки пегматита графических структур имеют повсеместное развитие. Вростки кварца отмечаются как в полевых шпатах пегматоидных структур, так и в моноблоках центральных частей жил. В плагиоклазах вростки кварца „неяснографические“. Повсеместно в жиле в той или иной степени в виде обособлений гнездообразной и неправильной форм (вдоль трещин) развиты продукты гидролиза полевых шпатов и кварцевого метасоматоза - кварц-мусковитовый комплекс и кварц. Те же процессы обусловили образование в жиле апографической, петельчатой и пятнистой структур. Кварц-мусковитовый комплекс представляет собой агрегат из кварца и мелких (2-4 до 5-8 см) пачек мусковита с соотношением примерно 1:1. Размеры обособлений кварца и кварц-мусковитового комплекса достигают 3-4 м. В них обычны гранат и турмалин.

В эндоконтактах пегматитового тела и на контактах структурных разновидностей наблюдается интенсивная альбитизация полевых шпатов. Во всех зонах жильного тела (кроме кварцевого ядра) присутствует мусковит двух типов: пегматоидный и кварц-мусковитового комплекса. Мусковит пегматоидный преимущественно зеленый и коричневато-зеленый, иногда с коричневыми серединами пачек. В кварц-мусковитовом комплексе слюда коричневая. Качество мусковита снижают кварцевые, полевошпатовые, гранатовые, турмалиновые и апатитовые включения и прорастания; отмечается магнетитовая и биотитовая сыпь, часты ельчатые и А-образные кристаллы. Размер пачек от 1-2 до 80-100 см.

Мусковит жилы 28-29 пригоден для изготовления преимущественно шпательной слюды, но из промышленного сырья по данным института „Гипроиниеталлоруд“ может быть получено до 1.7% радиодетальной, 2.4% конденсаторной, 3.3% обрезной и 18.5% шпательной слюды.

Микроклин кусковой в целом по всем изучавшимся жилам имеет довольно постоянный состав и по всем показателям соответствует маркам Ш1К ГОСТ 7030-67, или ПШК 0.15-3 ГОСТ 7030-75 и пригоден для изготовления фарфоровых глазурей. Чистый микроклиновый пегматит соответствует марке П1К ГОСТ-67, или КПШК - 0.20-3 ГОСТ 7030-75. В загрязненном микроклиновом пегматите сумма красящих окислов более 0.2% (до 1.07%), остальные показатели соответствуют требованиям ГОСТ 7030-75 на кусковое полевошпатовое сырье (табл. 7).

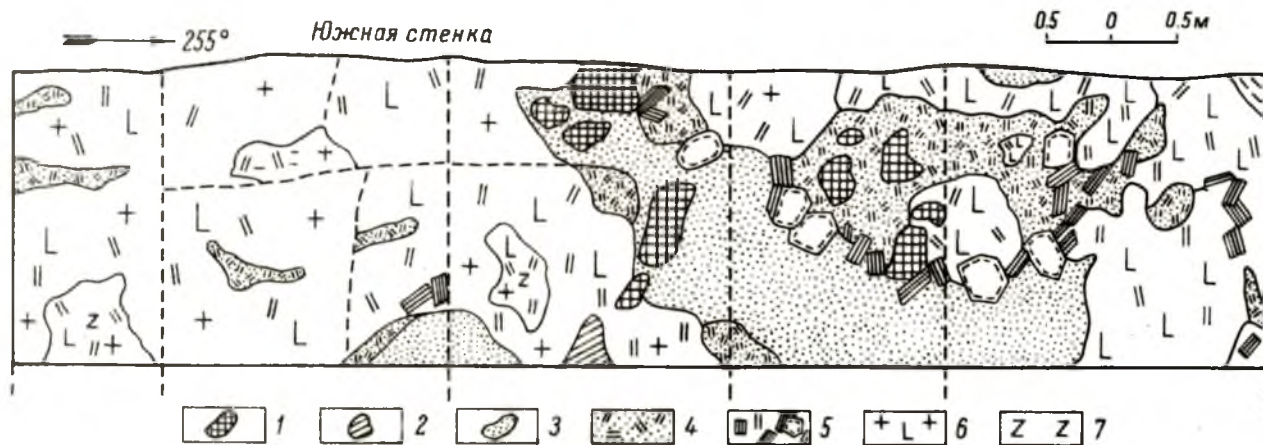


Рис. 11. Строение пегматитовой жилы 29 по Южной стенке орта 10. (Материалы Беломорской партии СЗТГУ).

Блоковый: 1 - микроклин, 2 - плагиоклаз, 3 - кварц; 4 - кварц-мусковитовый комплекс; 5 - мусковит; пегматит: 6 - микроклин-плагиоклазовый пегматоидной и графической структур, 7 - алографической структуры.

Т а б л и ц а 7

Химический состав (в вес. %) основных разновидностей керамического сырья по жилам Слюдяного Бора

Компо- ненты	Микроклин			Микроклиновый пегматит					
				„чистый“			„загрязненный“		
	4	27	28-29	4	27	28-29	4	27	28-29
SiO_2	66.29	65.95	65.98	71.28	70.27	70.66	73.71	71.32	69.62
TiO_2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	сл	0.01
Al_2O_3	17.99	18.75	18.46	15.57	16.68	15.93	13.87	16.58	16.01
Fe_2O_3	0.08	0.01	0.08	0.05	0.08	0.10	0.37	0.52	0.56
FeO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.11
CaO	0.13	0.32	0.18	0.27	0.58	0.25	0.31	1.17	0.26
MgO	0.10	0.06	0.11	0.07	0.07	0.10	0.16	0.13	0.17
K_2O	12.60	12.43	12.52	10.45	9.04	9.51	8.75	7.44	9.20
Na_2O	2.48	2.24	2.44	2.02	3.01	3.05	2.33	2.73	2.85
H_2O	0.15	0.10	0.15	0.08	0.19	0.14	0.10	0.18	0.49
П.п.п.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Сумма	99.85	99.98	99.95	99.82	99.95	99.77	99.66	100.09	99.30
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	15.08	14.67	14.96	12.47	12.05	12.56	11.08	10.17	12.05
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	5.1	5.7	5.1	3.1	3.1	3.1	3.9	2.9	3.2

Опыты по обогащению „загрязненного“ пегматита методом сухой электромагнитной сепарации дали положительные результаты. Из микроклинового пегматита получен кварц-полевошпатовый концентрат с содержанием окислов железа 0.08% при выходе 84.4%, а из смешанного пегматита – с содержанием 0.06% при выходе 88.56%.

Таким образом, месторождение пегматитов Слюдяной Бор может рассматриваться как комплексное: на мусковит (преимущественно II сорта), на чистый кусковой микроклин, кусковой микроклиновый пегматит и загрязненный микроклиновый пегматит для обогащения на Чупинской фабрике.

Запасы по месторождению оцениваются (в тыс. т): кускового микроклина - 190, чистого микроклинового пегматита - 75, кварца - 44.3.

Технико-экономическими расчетами (ТЭД) доказана высокая эффективность промышленного освоения месторождения Слюдяной Бор. Пегматитовые тела 27, 28 и 29-южное рекомендованы к отработке подземным способом, одним шахтным полем, а жилы 4 и 29 (центральная - открытым карьером. Расчетная годовая производительность нового предприятия на базе месторождения Слюдяной Бор принята в 100 тыс. м³ для подземного способа и 40-80 тыс. м³ - для открытого при годовой добыче чистого микроклина и микроклинового пегматита 24 тыс. т. Срок окупаемости капиталовложений составит 0.9 года при подземной отработке и 0.06 года - при открытой. Эксплуатация месторождения позволит покрывать потребность в остродефицитном полевом шпате для производства глазурей, чистом микроклиновом пегматите для тонкой керамики и получать мусковит по низкой себестоимости.

Месторождение Торлов Ручей

Месторождение расположено в 35 км к востоку от ст. Сосновец Октябрьской ж.д. Первые жилы на месторождении выявлены в 1951 г. Пегматитовые тела приурочены к замковой части Торлов-ручейской синклинали, сложенной биотитовыми, амфибол-биотитовыми гнейсами беломорской серии. К настоящему времени известно 50 пегматитовых тел, рассредоточенных на четырех небольших обнаженных участках, общая площадь которых не более 1 км². Это секущие круто падающие жилы мощностью 3-10 м, длиной 50-100 м, редко 250-400 м (жилы 5, 15). Пегматит плагио-микроклиновый, дифференциация проявлена по-разному. Состав прост. По составу и строению жилы относятся к слюдяно-керамическим и керамическим (тип II, подтипы Б и А, табл. 4). Наиболее перспективными жилами являются 15, 25, 5, 38, 4, 4-а, 4-б, 4-г.

Жила 15 - согласное тело длиной 390 м при средней мощности 21 м. В ней сосредоточено 87% запасов пегматитов месторождения (в тыс. т): микроклина - 23.96 при выходе 4%, чистого микроклинового пегматита - 62.37 при выходе 10.3% и загрязненного микроклинового пегматита - 50.2 при выходе 8.4%.

По жилам 25, 5, 38, 4, 4-а, 4-б, 4-г - микроклина 2720 т при содержании 3.7%, микроклинового пегматита чистого - 67.02 тыс.т при выходе 9.4% и загрязненного - 55.1 тыс. т при выходе 7.8%.

На основании исследований, проведенных в ГИКИ, кусковой микроклин и чистый микроклиновый пегматит соответствуют маркам ПШК 0.20-3 и КПШК 0.30-2 ГОСТ 7030-75 и марке ШКФГ ТУ 21-25-72 на кусковой микроклин для производства фарфоровых глазурей.

В лаборатории института „Гипронинеметаллоруд“ методом сухой магнитной сепарации на двухкаскадном роликовом сепараторе 164А-СЭ из загрязненного микроклинового пегматита получен концентрат марки КПШМ 0.20-2, из смешанного пегматита - марки КПМ-1 ГОСТ 15045-69.

По результатам предварительной разведки 8 жил месторождения институтом „Гипронинеметаллоруд“ и Карельской ГРЭ составлен ТЭД о целесообразности освоения месторождения. Расчетами установлено, что промышленное освоение месторождения экономически нецелесообразно вследствие невысокого выхода микроклиновых разностей, малых запасов и удаленности Чупинской ПОФ, где возможно обогащение загрязненного микроклинового пегматита. Однако при эксплуатации месторождения Слюдяной Бор оно может рассматриваться как участок нового горно-рудного предприятия, и тогда отработка будет рентабельной.

ПЕГМАТИТЫ ПРИЛАДОЖЬЯ

Общие сведения

Месторождения пегматитов в Приладожье известны с XIX в., и с этого времени они стали объектами разработки на полевошпатовое сырье, кварц, а некоторые и на слюду (мусковит). С 1945 г. изучением месторождений полевошпатового сырья здесь занимаются П.А. Борисов, П.П. Боровиков, В.Д. Никитин, С.А. Руденко, Е.В. Свирская, К.А. Шуркин, а с 60-х годов - Т.К. Кулмала, А.С. Пекки, Г.С. Сафронова, Л.С. Скамницкая и геологи производственных организаций: П.А. Головченко, А.И. Ладнер, А.А. Мустонен, А.В. Пекуров, К.И. Рогашенков и др. [11, 12, 51, 52, 53, 58].

С 1947 г. месторождения пегматитов разрабатываются Приладожским рудоуправлением. Объектами изучения, а затем и добычных работ вначале были месторождения Серая Горка, Хепониemi, Койриноя, Хунтила, Нуолайниemi, а в последние годы основными разрабатываемыми месторождениями являются Лупикко и Линнаваара.

Питкярантское поле пегматитов расположено в юго-восточной части Восточно-Финляндской синклинальной зоны карелид [36]. На северо-востоке эта зона ограничивается краевой частью Фенно-Карельского антиклинального поднятия, на северо-запад она уходит за пределы советской территории (в Финляндию); на юго-востоке образования синклинальной зоны прорываются многофазными интрузиями гранитов рапакиви, а на юге они погребены под чехлом палеозойских отложений Русской платформы. В геологическом строении Приладожья выделяются нерасчлененные архей-протерозойские образования фундамента (нижний структурно-литологический ярус), сложноскладчатые сооружения супракрустальных образований с прорывающими их интрузиями гранитоидов, базитов и гипербазитов

(средний структурный ярус), постороженные интрузии гранитов рапакиви и перекрывающие их платформенные осадочно-вулканогенные образования (верхний структурный ярус).

Архей-протерозойские образования фундамента представлены гранито-гнейсами, гнейсо-гранитами и мигматитами с залегающими в них будинированными дайками и штокообразными телами амфиболитов. Они выступают в куполовидных структурах (рис. 12).

Средний структурный ярус представлен сложным комплексом пород, который подразделяется на две серии. Нижняя сортавальская серия представлена одной питкьянтской свитой, в составе которой широко развиты серицито-кварцевые, биотит-амфиболовые и амфиболовые сланцы, амфиболиты и прерывистые горизонты карбонатных пород. Породы питкьянтской свиты конформно облекают куполовидные структуры.

Верхняя, ладожская, серия залегает на сортавальской с угловым несогласием, имея в основании базальные образования [100]. Эквивалентом базальных образований в районе Питкьянты, очевидно, являются слюдястые кварциты, установленные, в частности, на о. Пюериясаари. В целом ладожская серия складывается преимущественно терригенными образованиями.

Из четырех свит этой серии, выделяемых Л.Н. Потрубович и О.Н. Анищенко в Приладожье, в пределах Питкьянтского поля пегматитов развита только одна нижняя – свита контиосари. Эта свита представлена биотит-кварцевыми и двуслюдяными сланцами с локальным распространением графитистых и высокоглиноземистых сланцев, содержащих гранат, кордиерит, ставролит и андалузит.

Верхний структурный ярус представлен толщей платформенных полого или горизонтально залегающих осадочно-вулканогенных образований так называемой салминской свиты. В пределах Питкьянтского поля эта свита имеет локальное развитие. Она вскрыта под толщей четвертичных отложений буровыми скважинами. Выделяются две подсвиты: нижняя, представленная грубозернистыми песчаниками и гравелитами, залегающими на коре выветривания гранитов рапакиви и ладожских сланцев; верхняя – согласно залегающая на нижней, сложена покровами диабазов, диабазовых порфириров, чередующимися с пластами туфов и туффигов. Салминская свита относится к верхнему протерозою [29].

В тектоническом отношении Приладожье представляется как сложно построенный инверсионный прогиб [100].

В течение всего нижнего протерозоя здесь шло интенсивное осадконакопление. Основные черты строения этой тектонической зоны сложились в ходе главного этапа селецких движений.

Тектонические движения ребольской фазы, по-видимому, также охватывали территорию Приладожья, но прогибание геосинклинали в этот период продолжалось. Инверсия движения, возможно, произошла на рубеже 1900 млн. лет (граница нижнего-среднего протерозоя), а окончательное замыкание геосинклинали – в интервале 1700–1800 млн. лет.

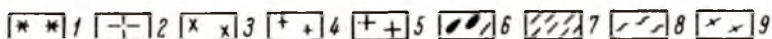


Рис. 12. Схема расположения месторождений полевошпатового сырья в Приладжье.

Граниты рапакиви: 1 - крупноовоидные с мелкозернистой основной массой ($PR_2\gamma_5$), 2 - неравномернозернистые биотитовые ($PR_2\gamma_4$), 3 - крупнопорфировые пегматиты ($PR_2\gamma_3$), 4 - равномернозернистые биотитовые ($PR_2\gamma_2$), 5 - крупноовоидные - выборгиты ($PR_2\gamma_1$); 6 - пегматиты; 7 - ладожская серия (кварциты, кварц-биотитовые, двуслюдяные, глиноземистые и графитистые сланцы); 8 - сортавальская серия, питкярентская свита (амфиболовые, биотит-амфиболовые сланцы, амфиболиты и карбонатные породы); 9 - гнейсо-граниты, граниты и амфиболиты фундамента карелид. Месторождения пегматитов: I - Лупикко, II - Линнаваара, III - Участок крупнопорфировых рапакиви Уксу.

Глубинный магматизм на территории Питкярентского поля пегматитов, по-видимому, представлен только кислыми образованиями. Среди последних выделяются гранитоиды куполов, внутрiformационные и секущие гранитоиды в супракустальных комплексах и гранитоиды серии рапакиви.

Гнейсо-граниты и граниты куполов, ранее считавшиеся архейскими по Р.А. Хазову [94], являются синорогенными постладожскими интрузиями. Эти же гранитоиды П. Эскола относит к палингенным (ультраметаморфическим) постладожским образованиям. Гранитоиды куполов имеют широкие ореолы мигматитов в супракустальных комплексах сортавальской и ладожской серий, но пегматитовая фация у них выражена слабо и промышленного интереса не представляет.

К позднеорогенным Р.А. Хазов относит штокообразные тела Импиниemi, островов Вихкимясаари, Руотсинсаари, Ридатусаари и др. В отличие от более ранних эти граниты не образуют широких мигматитовых ореолов, но с ними генетически связываются все промышленные месторождения пегматитов Приладожья.

К.А. Шуркин [98] граниты и связанные с ними пегматиты куполов считает доладожскими (архейскими). Среди постладожских гранитоидов он выделяет вслед за Н.Г. Судовиковым [88] метасоматические граниты, возникшие в связи с региональным метаморфизмом, и синкинематические интрузивные граниты, внедрившиеся после первого периода регионального метаморфизма осадочно-вулканогенных образований ладожской формации и первых региональных тектонических движений. К этим последним гранитам (к постладожским гранитам I группы) отнесены массив Импиниemi и гранитоиды перечисленных выше островов.

Позднеорогенные граниты (постладожские граниты II группы) по К.А. Шуркину на территории Питкярантского поля отсутствуют. Возрастным аналогом их К.А. Шуркин считает все крупные месторождения пегматитов (Серая Горка, Хепониemi и др.), развитых в контактовых зонах супракрустальных комплексов и гнейсо-гранитовых куполов.

Наиболее поздними, посторогенными среднепротерозойскими гранитоидами субплатформенного типа являются породы серии рапакиви огромного (до 3000 км²) Питкярантского (Салминского) массива. Этот массив, приуроченный к краевой части Балтийского щита, является дискордантным по отношению к структурам карелид. Контакты массива с вмещающими породами всегда секущие. Во вмещающие толщи от массива отходят многочисленные апофизы различных структурных разновидностей кварц-полевошпатовых пород (кварцевых порфиров, аплитов, порфировидных гранитов). Пегматитовая фация гранитов рапакиви, по-видимому, развита слабо [81].

Наиболее поздними образованиями, вероятно, также связанными с гранитами рапакиви, являются маломощные (от 5 мм до 10–15 см) жилы молочно-белого кварца, кварц-кальцитовые и кальцит-флюоритовые жилы, приуроченные к трещиноватым зонам, пересекающим все породы, в том числе и пегматиты.

Кристаллические породы в Приладожье покрыты плащом четвертичных отложений, достигающих максимальной мощности 50 м и более; однако скалистые гряды преимущественно в пределах куполовидных структур, на участках развития пегматитов и в северной части Питкярантского (Салминского) массива рапакиви покрыты лишь маломощным (до 0.5–1 м) слоем рыхлых отложений, либо совершенно обнажены.

Месторождение Лупикко

Месторождение пегматитов Лупикко расположено в 6 км от города и железнодорожной станции Питкяранта, в 5 км от берега Ладожского озера, с которыми соединено шоссейными дорогами.

Территория месторождения представляет собой холмистую равнину с абсолютными отметками 50–65 м. Скалистые гряды, сложенные гнейсогранитами и пегматитами, как правило, обнажены. Пегматиты Лупикко известны со второй половины XIX в. П.А. Борисов [11, с. 170] отмечал, что это месторождение отличается большими запасами сырья. В 1957 г. Приладожское рудоуправление, на основе реви-зионных работ, приступило здесь к добыче пегматита для поставок его Кондопожскому помольно-обогательному заводу. В 1958–1959 гг. Лупиковской партией СЗТУ под руководством А.А. Мустонена проведены разведочные работы на группе пегматитовых жил место-рождения, по которым в 1961 г. ГКЗ СССР утвердила запасы пег-матитов 16.8 млн. т (B+C₁). Месторождение разведывалось в 1959–1969 гг. для проектировавшегося Питкярантского горнообогатитель-ного комбината.

В геологическом отношении Лупикко представляет собой куст пегматитовых жил, приуроченных к приконтактовой зоне гнейсо-гра-нитов и супракрустальных образований (рис. 13).

Пегматитоносная зона прослеживается по простиранию на 3 км при ширине в плане до 0.5–0.8 км. В этой зоне насчитывается бо-лее полутора десятков жил и штоков мощностью от 2–3 м до 200 м при длине от 20 до 1500 м. С вмещающими породами пегматитовые тела имеют, как правило, согласные контакты и лишь отдельные апофизы являются секущими. Простирание пегматитоносной зоны в южной части субширотное, а в средней и северной – северо-запад-ное (280–340°), падение на юго-запад под углами 40–70°. Жилы и штокообразные тела представлены недифференцированными гранит-пегматитами плагио-микроклинового и плагиоклазового составов.

Из многочисленных жильных образований пегматитоносной зо-ны, приуроченной к супракрустальной толще в северо-восточном крыле асимметричной синклинали, наибольшее промышленное значе-ние имеют три штокообразные жилы: Северная линза, Южная линза I, и Южная линза II.

Северная линза имеет длину около 1500 м, максимальную мощность до 200 м. На глубину она прослежена буровыми скважи-нами до 61.5 м без признаков выклинивания. Форма пегматитового тела сложная, что обусловлено расщеплением его на более или ме-нее мощные апофизы, вклиниванием вмещающих пород в пегматиты. Сланцы вблизи контактов интенсивно деформированы, образуют мел-коплойчатые складки. В них содержатся многочисленные маломощ-ные пластовые и секущие пегматитовые жилы.

Внутри пегматитового тела встречено более 25 ксенолитов вмещающих пород, вытягивающихся в виде пачек мощностью до 7.5 м и протяженностью до нескольких десятков метров. Отдельные

мелкие ксенолиты почти полностью ассимилированы. Содержание ксенолитов в среднем по жиле 9.5%, в том числе мощностью менее 3 м, не подлежащих селективной выемке, — 2.59%.

Южная линза I, являющаяся в настоящее время основным объектом разработки на кварц-полевошпатовое сырье, прослежена с поверхности на 1150 м по простиранию при максимальной мощности до 160 м. Глубина распространения пегматита по концам жилы 40–50 м, а в средней наиболее мощной ее части скважины глубиной до 150 м не вышли из пегматита. Жила имеет сложную морфологию с многочисленными апофизами по обоим контактам, концы ее расщепляются на ряд пластовых менее мощных жил. Вмещающие породы, особенно амфиболовые сланцы в лежащем боку жильных тел, интенсивно мигматизированы. Внутри пегматитовых тел, преимущественно в приконтактных зонах, наблюдаются более или менее интенсивно ассимилированные ксенолиты. В лежащем боку последние представлены амфиболовыми и хлорит-амфиболовыми сланцами и скарнированными карбонатными породами, а в висячем боку — кварц-биотитовыми сланцами.

Всего здесь установлено более 30 ксенолитов, составляющих 12.8% объема жильной массы, в том числе 6.7% ксенолитов имеют мощность менее 3 м.

Южная линза II — сравнительно небольшое пегматитовое тело, расположенное юго-западнее основной (Южной линзы I) и попадающее в контур карьера при отработке последней на глубину. Мощность его около 20 м в среднем, а прослеженная длина по простиранию около 500 м.

По структурным признакам, минералогическому составу и качеству пегматиты всех трех жил близки между собой. В их строении нет ясно выраженной зональности. Эти жилы представлены недифференцированным пегматитом главным образом плагиоклазового и микроклин-плагиоклазового состава с гнездовыми обособлениями микроклинового графического пегматита и мелкоблокового микроклин-пертита. Содержание последних в среднем 1–3% на разных участках. Они частично (до 1%) извлекаются при сортировке пегматита на транспортной ленте.

Основными минералами в пегматитах в порядке убывания являются плагиоклаз, калишпат (ортоклаз и микроклин-пертит) и кварц. Второстепенными минералами, составляющими в сумме 2–5%, являются: биотит, хлорит, мусковит, гранат и турмалин. Кроме того, отмечают акцессорные флюорит, апатит, сфен, рутил, пирит, халькопирит, пирротин, галенит, молибденит и гидроокислы железа.

Плагиоклаз в пегматите обычно светло-серый, зеленовато-серый, а в приконтактных зонах грязно-серый или буровато-серый. Он образует зерна размером от 0.15 до 10 мм и очень редко — обособления до 10–15 см в поперечнике. По составу он относится к олигоклазу № 15–17, но встречаются также участки с развитием позднего альбита. В лежащем боку, где часты проявления контактизации, существенно увеличивается содержание анортитовой молекулы.

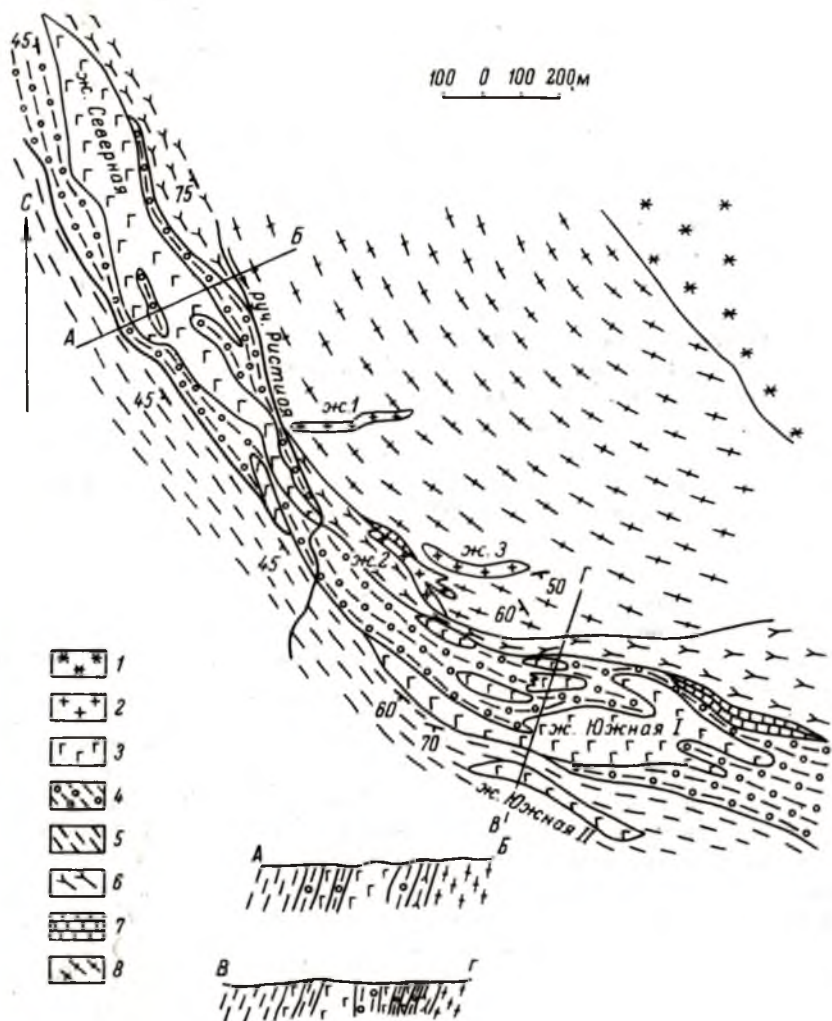


Рис. 13. Схематическая геологическая карта месторождения пегматитов Лупикко.

1 – граниты рапакиви; пегматиты: 2 – дифференцированные, 3 – недифференцированные; сланцы: 4 – мигматизированные, 5 – кварц-биотитовые и амфибол-биотитовые, 6 – амфиболовые, биотит-амфиболовые и рассланцованные амфиболиты; 7 – карбонатные породы, частично скарнированные; 8 – гнейсо-граниты, гранитогнейсы с линзами амфиболитов.

По трещинам в зернах плагиоклаза развиваются гидроокислы железа, иногда кальцит, серицит и каолинит. Содержание плагиоклаза в ортотектитовом пегматите 40–60%, в плагио-микроклиновом пегматите пегматоидной структуры 20–25%.

Калиевые полевые шпаты распространены повсеместно, хотя преимущественное развитие их, по-видимому, относится к средним наиболее мощным частям жил. Здесь отмечаются как микроклин-пертит, так и ортоклаз. Цвет их бледно-розовый, розовый до сургучно-красного. При выветривании (каолинизации) калиевые шпаты приобретают белый цвет. Под микроскопом наблюдается замещение альбитом, развитие по трещинам серицита и гидроокислов железа.

Блочные обособления графического пегматита представлены бледно-розовым микроклином с вростками кварца размером 1–5 мм. В участках развития кварцевого метасоматоза вростки кварца разрастаются, образуя апографические структуры. К этим же участкам приурочена и более интенсивная альбитизация. Содержание калиевых полевых шпатов в ортотектитовом пегматите 10–15%, в плагио-микроклиновом пегматоидном – 30–45%, а в графических пегматитах – 55–65%.

Кварц в пегматите представлен как мелкими зернами (0.1–3 мм), так и обособлениями до нескольких десятков сантиметров в поперечнике. Содержание кварца резко колеблется по отдельным даже близко расположенным участкам, но в среднем содержание его не превышает 25–27%.

Биотит наблюдается в виде небольших таблитчатых кристаллов, отдельных пластин, мелких листочков и агрегатов (биотитового слюдита), распространенных по всей массе пегматита. Особенно много его в ортотектитовом пегматите приконтактных зон, а также вблизи ксенолитов и в контаминированных породах (где ксенолиты полностью ассимилированы). Относительно „чистыми“, почти не содержащими биотита, являются только графические и пегматоидные плагио-микроклиновые разновидности пегматита. Биотит (особенно его поздняя генерация, развивающаяся по трещинам) хлоритизирован. Содержание биотита в среднем составляет 2–3%, но на отдельных участках достигает 10–15%.

Мусковит является значительно более редким, чем биотит. Он развивается по полевым шпатам и биотиту, наблюдаясь в виде мелких пластинок и кристаллов. Очень редки здесь кварц-мусковитовые комплексы. Содержание мусковита ограничивается долями процента.

Гранат представлен мелкими кристаллами буровато-красного цвета, часто ассоциирующими с биотитом.

Турмалин (шерл) наблюдается в виде кристаллов размером от нескольких миллиметров до 3–5 см. В основной массе пегматита он является редким аксессуаром, по существу не влияющим на качество сырья, но иногда, в зонах повышенной трещиноватости, содержание его может достигать нескольких процентов.

Химический состав пегматита достаточно постоянный, что подтверждено результатами анализов более чем тысячи проб, ото-

Т а б л и ц а 8

Средний химический состав пегматитов
по жилам месторождения Лупикко

Основные компоненты	Северная линза	Южная линза I	Южная линза II
SiO_2	72.44	74.13	76.64
Al_2O_3	15.31	14.80	14.60
Fe_2O_3 (общ.)	0.59	0.81	0.84
$\text{CaO} + \text{MgO}$	0.86	1.10	0.99
K_2O	4.01	4.29	3.78
Na_2O	3.89	3.97	4.03
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	7.90	8.26	7.81
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	1.03	1.08	0.91

бранных при разведочных работах и многолетней эксплуатацией месторождения. Отклонения от средних содержаний (табл. 8) достигают существенных значений только на флангах и на участках повышенного содержания ксенолитов.

Наиболее значительные колебания наблюдаются в содержании окислов железа.

По качеству пегматиты всех промышленных жил удовлетворяют требованиям ТУ-21-25-18-89 и обеспечивают получение молотого кварц полевошпатового сырья КПС-3 ГОСТ 13451-68 для стекольной промышленности.

В 1962-1964 гг. были проведены в институте „Механобр“ (Д.И. Французовым) исследования по обогащению пегматитов технологических проб, отобранных в процессе детальной разведки. В результате установлено, что методом сухой электромагнитной сепарации из пегматитов, содержащих в исходном сырье 0.60-0.80% окислов железа, можно получить концентраты с содержанием указанных окислов 0.17-0.25%. Методом флотации в комбинации с электромагнитной сепарацией содержание окислов железа снижается до 0.12-0.15% при выходе концентратов 65-70% от исходного.

Результаты лабораторных испытаний проверялись на опытной полупромышленной установке в комбинате „Апатит“. Для этого были составлены искусственные смеси с содержанием в пегматите до 10% ксенолитов вмещающих пород. Результаты испытаний вполне подтвердили правильность ранее сделанных выводов о хорошей обогатимости пегматитов методом флотации в комбинации с электромагнитной сепарацией.

В 1964–1965 гг. в институте „Гипронинеметаллоруд“ (Т.Г. Прокопьева, А.П. Крупенина) были проведены опыты по обогащению пегматитов по пробе, содержащей 22.3% ксенолитов. В результате исследований разработана схема, включающая отсадку, флотацию и электромагнитную сепарацию, обеспечивающая получение кварц-полевошпатовых концентратов с содержанием окислов железа 0.12–0.17%. Несколько позднее в 1968–1970 гг. в этой же лаборатории, под руководством Я.М. Якубовского, выполнены дополнительные опыты по обогащению пегматитов месторождения Лупикко. В результате получены полевошпатовые концентраты, содержащие 19–21% глинозема, 13.5–14.5% щелочных окислов и 0.17–0.20% окислов железа. Эти концентраты по всем показателям соответствуют требованиям к полевошпатовому сырью для стекольной промышленности марки ПС-1 ГОСТ 15451-69.

В 1968 г. в Институте „Уралмеханобр“ под руководством В.И. Ревнивцева был выполнен фазовый анализ пегматита по пробе, отобранной из промышленного карьера. Проба весом 1.2 т имела следующий средний минеральный состав (в %): микроклин – 30.0, плагиоклаз – 35, кварц – 32, биотит, мусковит, амфиболы, гранат, турмалин, хлорит, гематит, магнетит, лимонит и прочие – 3. По результатам фазового анализа сделан вывод, что при глубоком обогащении методом флотации в комбинации с электромагнитной сепарацией из пегматитов состава исследованной пробы можно получить высококалийный полевошпатовый концентрат, пригодный для электроизоляторов и хозяйственного фарфора (сумма щелочей 13.7, калиевый модуль выше 3) в количестве 26%, плагиоклазовый для стекольной промышленности – 33% и кварцевый концентрат – 30%.

Таким образом, обогатимость пегматитов месторождения доказана многочисленными опытами различными специалистами в лабораториях ведущих исследовательских институтов.

Горно-технические условия разработки пегматитов месторождения Лупикко открытыми карьерами благоприятные. Пегматиты выступают здесь в виде пологих холмов, полностью обнаженных, либо покрыты рыхлыми четвертичными отложениями, мощность слоя которых на большей части месторождения не превышает 1 м. Коэффициент вскрыши с учетом разноски бортов и выемки ксенолитов в среднем по месторождению $0.53 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Пегматитовые жилы дифференцированного строения (1 – 6 и др.), расположенные на восточном участке месторождения, в течение многих лет являются источниками кускового микроклинового пегматита. При организации на них добычи сырья Приладожское рудоуправление основывалось только на результатах ревизионно-опробовательских работ, поскольку разведка этих жил не произведена. Из более чем двух десятков жил дифференцированного строения наиболее крупной является жила 1.

Жила 1, расположенная на левом берегу ручья Ристиоя, залегает в гнейсо-гранитах Лупиковского купола, имеет субширотное простирание и падение на север под углом 45–60°. Прослеженная

длина жилы 380 м, мощность ее в восточном конце 18–25 м сокращается в направлении на запад до 6–8 м. Жила, ориентированная почти перпендикулярно к контакту между сланцами Питкярантской свиты и гнейсо-гранитами Лупиковского купола, заполняет коленообразно изломанную разрывную трещину в последних. Контакты жилы с вмещающими породами четкие, плоскости контактов волнистые, с редкими выступами гнейсо-гранитов в пегматиты. При пересечении амфиболитовых тел, залегающих в гнейсо-гранитах, в экзоконтакте жилы развивается биотитовый слюдит. Пегматиты разрабатываются открытым карьером с уступом 8–10 м. Строение жилы отчетливо зональное дифференцированного состава. Приконтактные и боковые зоны представлены плагиоклазовым и микроклин-плагиоклазовым пегматитом ортотектитовой разнозернистой структуры. В средней зоне, преимущественно ближе к висящему боку, развиты блоковые обособления микроклинового графического пегматита и блокового микроклина до 0.5–0.8 м в поперечнике. В различных частях жилы встречаются кварцевые гнездовые обособления двух генераций: ранние, представленные молочно-белым кварцем, и поздние, секущие все структурные разновидности, представленные темным грязно-серым кварцем с реликтами микроклина, мелкочешуйчатыми слюдами, кристаллами черного турмалина. Из других акцессорных минералов отмечены гранат и берилл. Кристаллы последнего хорошо ограненные, непрозрачные, размером от нескольких миллиметров до 15–20 см по длине и 3–5 см в поперечнике.

На качество пегматита описываемой жилы, как и других жил этого участка, отрицательно сказывается развитие процессов окварцевания и натрового метасоматоза. В результате окварцевания графические структуры пегматита переходят в апографические, петельчатые и – как крайняя степень преобразования – среди грязно-серого кварца сохраняются лишь хлопьевидные реликты полевых шпатов. В результате натрового метасоматоза микроклин в пегматите замещается бурым или сургучно-красным альбитом (рис. 14).

Все структурные разновидности пегматитов, а также и вмещающие породы пересекаются прямолинейными жилами розовато-серой мелкозернистой породы кварц-альбитового состава, часто сопровождаемые развитием кальцита, флюорита и эпидота. Генетически последние связаны, вероятно, с гранитами рапакиви. Микроклин по качеству (табл. 9) соответствует требованиям, предъявляемым к сырью для тонкой керамики, но содержание его, по визуальной оценке, не превышает 0.5–1%. Микроклиновые пегматиты, являющиеся основным объектом добычи содержатся в разных частях жилы в количестве от 10 до 35%, в среднем 20% от жильной массы. Выход микроклинового сырья за 1972 г. составил 26,8%, за 1974 г. – около 10%. Вся остальная масса пегматита соответствует требованиям на стекольное сырье.

Ориентировочные запасы пегматита до глубины 30 м по жиле 1 составляют 440 тыс. т, в том числе микроклинового состава – до 100 тыс. т.



Рис. 14. Строение пегматитовой жилы 1 месторождения Лупикко. (Зарисовки борта карьера, 1972 г.).

1 – микроклин блоковый; 2 – кварц; 3 – скопления биотита; 4 – пегматит микроклин–плагиоклазовый и микроклиновый неяснографической и графической структуры; 5 пегматит микроклиновый с интенсивным развитием сургучно-красного альбита; 6 – жила кварцевого порфира; 7 – гнейсо–гранит.

Месторождение Линнаваара

Месторождение расположено в 1.2 км от станции Леппясилта Октябрьской железной дороги, в 25 км от г. Питкяранта на скалистой гряде Линнаваара с превышением над окружающей местностью на 60–65 м. Вблизи проходит автодорога Петрозаводск–Сортавала–Ленинград.

Месторождение известно с конца XIX в. и в небольших объемах разрабатывалось частными предпринимателями.

В 1964 г. месторождение обследовано и опробовано сотрудниками института геологии Карельского филиала АН СССР. На основании полученных результатов оно было рекомендовано в качестве новой сырьевой базы для Приладожского рудоуправления.

В результате дальнейших работ, выполненных в содружестве коллективами Северо-Западного геологического управления, Института геологии и Приладожского рудоуправления, на месторождении детально разведаны запасы пегматитов и с 1975 г. начата его промышленная разработка.

Месторождение приурочено к западному крылу субмеридиональной синклинальной структуры, сложенной комплексом пород третьей подсыты питкярантской свиты среднего протерозоя, представленных амфиболовыми сланцами и рассланцованными амфиболитами, среди которых встречены в подчиненном количестве пропластки биотитовых гнейсов и гранито–гнейсов. Последние наблюдаются преимущес-

Т а б л и ц а 9

Химический состав керамического сырья жилы 1
месторождения Лупикко (аналитик В.А. Доильницына)

Компоненты	Микроклин	Кварц	Пегматит	
			альбитизи- рованный	микроклино- вый
SiO_2	65.50	97.84	73.28	72.76
TiO_2	Сл.	Не обн.	Сл.	Сл.
Al_2O_3	19.95	1.53	16.63	15.70
Fe_2O_3	0.05	0.02	0.21	0.16
MnO	Не обн.	Не обн.	0.01	0.01
MgO	" "	" "	Сл.	Сл.
CaO	0.10	" "	1.12	0.12
Na_2O	3.23	0.03	6.54	2.60
K_2O	10.74	0.10	2.03	8.83
H_2O	0.04	Не обн.	0.03	0.03
П.п.п.	0.40	0.06	0.53	0.24
Сумма	100.01	99.38	100.38	100.45
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	13.97	8.57	8.57	11.43
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	3.3	0.3	0.3	3.4

твенно в нижней части разреза. В верхней части разреза вулканогенно-осадочного комплекса встречены пласты графитистых сланцев мощностью до 3–5 м, а также плагио-диопсидовые скарнированные породы.

Образования сланцевого комплекса имеют север-северо-восточное (0–20°) простираание пластов и сланцеватости соответственно с общим простираанием синклинальной структуры и падение на восток-юго-восток. Углы падения изменяются от 45–60° на юге месторождения до 35–40° на севере. Участками в общем моноклинальное залегание пород нарушается мелкой поперечной складчатостью и пloyчатостью, особенно вблизи контактов с пегматитовыми жилами, а также разрывными нарушениями небольшой амплитуды.

На месторождении установлено более десяти пегматитовых жил, частично, вероятно, являющихся апофизами трех наиболее

крупных – Северной, Южной и Западной. Поисково-оценочными работами 1969 г. были охвачены все три жилы, а разведочными в 1971–1973 гг. – только Северная.

Западная жила имеет мощность до 12 м. Она прослежена в верхней части западного склона гряды в длину до 200 м. Для нее характерны отчетливо выраженный дифференцированный состав и асимметрично-зональное строение с обособлениями кварца и блокового розового микроклина в наиболее мощной части. В пегматите Западной жилы установлены хорошо ограненные кристаллы аксессуарного берилла и тантало-колумбита. Самостоятельного промышленного значения Западная жила не имеет, так как запасы пегматита по ней не превышают 15–20 тыс. т, в том числе несколько тысяч тонн микроклиновых разновидностей. При необходимости может быть отработана попутно с более крупными Южной и Северной жилами.

Южная жила приурочена к восточному склону южного конца гряды Линнаваара. Имеет, по-видимому, форму вытянутой линзы, прослежена по обнажениям в длину до 300 м при мощности 35–40 м.

Жила залегает вполне согласно с вмещающими амфиболовыми сланцами и имеет азимут простираения 10° , падение на восток-юго-восток под углом $45-60^{\circ}$. На глубину жила не изучалась. По наблюдениям контактов и структурных особенностей пегматита можно предположить, что эрозией вскрыта апикальная часть жилы, причем основная масса пегматита залегает на глубине. Об этом свидетельствуют, в частности, относительно пологий висячий и более крутой лежащий контакты, наличие реликтов кровли амфиболовых сланцев по висячему боку жилы, преимущественно ортотектитовая структура пегматита и его существенно плагиоклазовый состав. Отдельные гнезда и короткие прерывистые зоны существенно микроклинового мелкоблокового и графического пегматита устанавливаются лишь в наиболее мощной части жилы. Выход микроклинового пегматита с калиевым модулем выше 2, соответствующего ГОСТу 7030–75, судя по обнаженной части, не превысит нескольких процентов, но с глубиной можно ожидать увеличения выхода до 15–20%. Средний состав пегматитов в общем удовлетворяет требованиям ГОСТ 13451–68 на сырье для стекольной промышленности, а также ТУ–21–25–18–69 на пегматиты месторождения Лупикко, поставляемые Кондопожскому заводу.

Запасы пегматитов по Южной жиле на глубину до 40 м достигают 550–600 тыс. т, в том числе, возможно, до 80–100 тыс. т микроклиновых разновидностей. Эти запасы могут рассматриваться как резервные и при необходимости без больших затрат переведены в промышленные.

Северная жила представляет собой линзовидное тело (рис. 15, см. вкл.). Она обнажена на наиболее возвышенной части и восточном склоне гряды Линнаваара. Простираение жилы близкое к меридиональному с отклонением в северной части на северо-восток на $15-20^{\circ}$; падение в общем моноклиальное на восток-юго-восток под углом $45-60^{\circ}$. На отдельных участках углы падения **контактов**

уменьшаются до 10–15°. Жила имеет ясно выраженную ундуляцию оси с общим погружением под углом 10–15° в направлении на северо-северо-восток. Южный ее конец срезан тектоническим нарушением и эродирован, северный, точнее, северо-западный, расщеплен на две короткие апофизы и выклинивается, а северо-восточный погружается под толщу четвертичных отложений и амфиболовых сланцев. Истинная мощность жилы закономерно увеличивается от 4–5 м в южной части до 70–75 м в северо-восточной, причем можно предполагать, что максимальный раздвиг жилы мощностью до 100–110 м находится северо-восточнее разведанной обнаженной части ее (в 120–150 м к северо-востоку от скв. 24). Жила прослежена по простираию на 400 м при общей длине предположительно 650–700 м.

На флангах мощность жилы сокращается, но полное выклинивание ее не установлено. В крайних скважинах по восточному краю месторождения (по центральному и северному профилям) мощность составляет 25–75 м (рис. 15).

Западный контакт жилы большей частью хорошо обнажен, а местами образует нависающие карнизы. Плоскость контакта (лежащего бока) волнистая, причем сланцеватость вмещающих пород нередко срезается под острыми углами. В эндоконтактах как висячего, так и лежащего боков наблюдаются более или менее измененные ксенолиты вмещающих пород, нередко с оторочкой биотитового слюдита. В экзоконтактах вмещающие амфиболовые сланцы обогащены биотитом, иногда в них развивается гранат. От основного тела пегматита отщепляются маломощные апофизы, контакты которых секут сланцеватость под разными углами.

По минералогическим и геохимическим особенностям месторождение относится к формации редкометалльных пегматитов, для которых характерны более или менее интенсивные проявления процессов альбитизации, окварцевания и грейзенизации.

В основе своей Северная жила является дифференцированной, но зональное строение осложнено наложенными метасоматическими процессами. Приконтактные и боковые зоны представлены пегматитом существенно плагиоклазового состава ортотектитовой структуры, близко напоминающим крупнозернистый аляскитовый гранит. Среди этого существенно плагиоклазового пегматита, в некотором удалении от контактов, развит неравномернозернистый микроклин-плагиоклазовый пегматит, где в массе относительно мелкозернистой породы фиксируются более или менее частые ксеноморфные обособления бледно-розового микроклина до 3–5 см в поперечнике. В средних зонах, с тяготением к висячему боку, фиксируются прерывистые более или менее отчетливо выраженные зоны микроклинового бледно-розового пегматита микро- и мелкографической структуры с редкими обособлениями блокового микроклина. Содержание микроклиновых разновидностей пегматита варьирует от 2–5% в южном конце (а также по падению и восстанию жилы) до 12–15% в средней и 20–25% в ее северо-восточной, наиболее мощной части. Протяженность зон микроклинового пегматита, прослеженных по поверх-

ности, достигает многих десятков метров, а мощность (по скважинам и карьерам) варьирует от 1-2 до 15-20 м.

Все эти разновидности пегматитов, слагающие Северную жилу, интенсивно катаклазированы. Катаклиз проявляется в деформации плоскостей спайности, полисинтетических двойников плагиоклазов и двойниковой решетки микроклина, дроблении зерен кварца, их волнистом погасании. Образование мелких и мельчайших трещин обусловило интенсивность следовавших за тектоническими напряжениями процессов альбитизации, частичного гидролиза полевых шпатов с образованием мелкочешуйчатой серебристой слюдки, хлоритизации мелких чешуек биотита.

Пегматиты, все структурные и минеральные разновидности, охарактеризованные выше, генетически, вероятно, связаны с сино-рогенными постладожскими гранитами. Все они секутся сложно ветвящимися жилами пегматита пегматоидной и мелкоблоковой структуры. Мощность этих поздних жил и жилоподобных образований варьирует от 2-3 см до 1-1.5 м (редко больше), а протяженность от десятков сантиметров до нескольких метров. Простираие и падение поздних жил не всегда совпадает с элементами залегания вмещающего их пегматитового тела. Встречаются поздние жилы и жилоподобные тела, сложенные преимущественно темным кварцем, в котором „плавают“ идиоморфные обособления ярко-розового микроклина. Часто развиваются кварц-мусковитовые комплексы (рис. 16). Наблюдаются также зерна красновато-бурого граната, кристаллы турмалина, апатита. С этими образованиями ассоциирует и акцессорная редкометальная минерализация (берилл, хризоберилл, тантал-колумбит) [80].

Можно предположить, что секущие жилы и жилоподобные образования генетически связаны с позднеорогенными постладожскими гранитными интрузиями.

Особенности условий формирования месторождения Линнаваара, а именно пострудные тектонические нарушения и сопровождавшие их процессы окварцевания, альбитизации, грейзенизации и наложенная на ранее сформированные пегматиты новая серия жильных образований весьма существенно отразились на качестве пегматитов с точки зрения требований, предъявляемых к **полевошпатовому** сырью.

Плагиоклазы в пегматите месторождения Линнаваара характеризуются небольшим количеством анортитовой молекулы (олигоклаз № 12-14) в ортотектитовом пегматите и № 3-5 в грейзенизированных разновидностях. Существенно альбитовый состав пегматитов обуславливает низкое (0.5-1.5%) содержание в них щелочноземельных окислов.

Микроклин ранних стадий формирования содержит большое количество вростков слюды, кварца; он более или менее интенсивно замещен альбитом. Микроклин поздних генераций отличается ярким розовым или оранжево-красноватым цветом, отсутствием или незначительным количеством вростков других минералов.

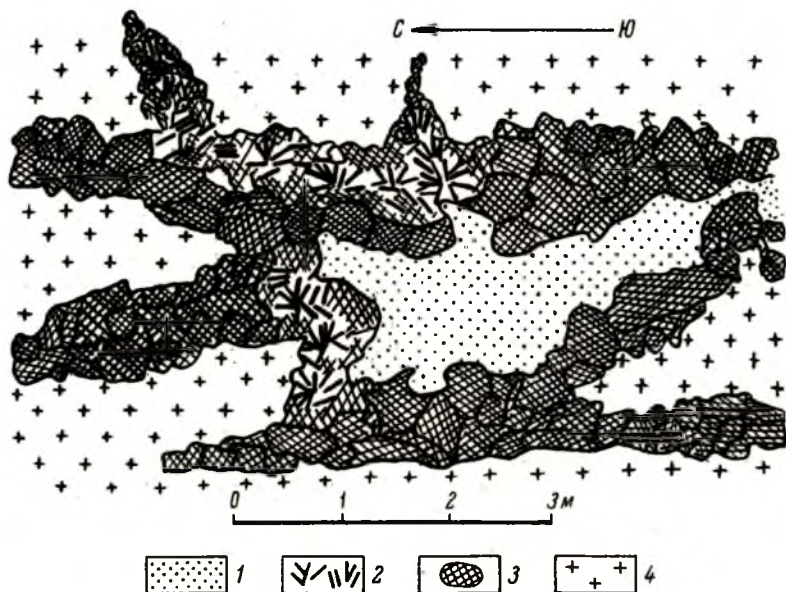


Рис. 16. Жила дифференцированного пегматита в ортотектитовом пегматите месторождения Линнаваара. (Зарисовка борта карьера в 1967 г.).

1 - кварц блоковый; 2 - мусковит крупнопластинчатый; 3 - микроклин блоковый; 4 - пегматит микроклин-плагиоклазовый неяснографической и ортотектитовой структуры.

Количество кварца в пегматитах разных генераций варьирует в широких пределах по отдельным пробам, но валовое содержание обычно не превышает 25-30%. Исключением являются отдельные участки с интенсивными проявлениями окварцевания, грейзенизации преимущественно в южной части и по восстанию жилы.

Мусковит в виде мелких чешуек, как уже указывалось, распространен во всех основных разновидностях пегматита, являясь продуктом гидролиза полевых шпатов. Более или менее крупные кристаллы мусковита, вероятно, сформировались позднее, так как встречаются обычно в ассоциации с ярко-розовым микроклином в секущих жилах и жилоподобных образованиях. С последними связаны и кварц-мусковитовые комплексы, а также скопления пластин мусковита в виде розеток и веерообразных гнезд.

Биотит в пегматите распространен весьма неравномерно; мелкие чешуйки и кристаллы биотита можно наблюдать здесь в ортотектитовом пегматите приконтактных зон на участках со слабым развитием грейзенизации, а также вблизи ксенолитов амфиболовых сланцев. Мелкие хлоритизированные, частично замещенные

мусковитом чешуйки биотита располагаются также в коротких тонких трещинках („просечках“), пронизывающих интенсивно катаклазированные графические микроклиновые пегматиты. Пластинчатый биотит связан преимущественно с наложенными жильными образованиями.

Все пегматиты по качеству объединены в две промышленные группы: микроклиновые и плагиоклазовые. Пегматит микроклиновый по данным опробования скважин, канав и опытной добычи в среднем содержится в количестве 14.7%, достигая максимально по одной из канав 55% и карьеру 2 в центральной части жилы 27.7%. По среднему составу микроклиновые пегматиты соответствуют требованиям на сырье II сорта для тонкой керамики. Вся остальная масса пегматита после отделения микроклиновых разновидностей, по содержанию основных компонентов соответствует требованиям на сырье для стекольной промышленности (табл. 10).

В результате лабораторных исследований было установлено, что пегматиты всех разновидностей месторождения Линнаваара достаточно эффективно обогащаются как методом электромагнитной сепарации, так и флотации, при этом из плагиоклазовых разновидностей получены концентраты, соответствующие марке КПС-1 ГОСТ 13451-68, а из микроклиновых пегматитов – концентраты высшего сорта. По заключению ГИКИ концентраты из пегматитов пригодны для производства хозяйственного фарфора и фаянса [47].

В институте „Гипронинеметаллоруд“ была испытана проба плагиоклазового пегматита Северной жилы весом 300 кг с содержанием окислов железа 0.83%. В результате электромагнитной сепарации получен концентрат, в котором содержание красящих окислов снижено до 0.25%. По качеству этот концентрат признан соответствующим марке КПС-2 ГОСТ 13451-68.

В результате обогащения в промышленных условиях на Чупинской ПОФ из микроклиновых пегматитов получены концентраты с содержанием окислов железа 0.14–0.15% при выходе 57–58%. Низкий выход концентратов объясняется несовершенством технологического оборудования на Чупинской ПОФ, где из-за значительного переизмельчения много сырья теряется в виде пыли. Концентраты, полученные на Чупинской ПОФ, испытывались в промышленных условиях на Ломоносовском и Первомайском фарфоровых заводах. Они были признаны полностью пригодными для производства фарфоровой чайной посуды и других изделий хозяйственного назначения.

Концентраты этой же пробы в „НИИ Электрокерамика“ оценены как высококачественное сырье для высоковольтного электротехнического фарфора и линейных изоляторов.

На заседании НТС при СЗТГУ протоколом от 11 апреля 1974 г. по месторождению Линнаваара запасы пегматитов утверждены в следующих категориях и количествах (в тыс. т): всего жильной массы 5 400, в том числе балансовых запасов категорий В + С₁ – 2557, из них микроклиновых разновидностей 460, С₂ – 320, из них микроклинового сырья 48.

Т а б л и ц а 10

Химический состав (в вес. %) промышленных разновидностей полевошпатового сырья месторождения Линнаваара (по данным Уксинской ГРП)

Пегматит	Содержание, %	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$
Микроклиновый	14.7	0.26	8.60	3.24	11.84	2.60
Микроклиновый для обогащения на ПОФ	3.7	0.43	7.74	3.21	10.94	2.41
Плагинклавовый, обогащенный ручной сортировкой	46.5	0.53	3.82	4.81	8.63	0.79
Плагинклавовый ожелезненный и окварцованный	35.6	0.90	3.90	4.56	8.54	0.87

Прогнозные запасы по жиле А.И. Ладнером оценены в 0,5 млн. т. По нашему представлению, на северо-восточном продолжении жилы (за пределами разведанной части) прогнозные запасы пегматитов составляют 12,5 млн. т, в том числе микроклиновых разновидностей 1,8–2,0 млн. т.

Вопросы попутного использования мелкочешуйчатой слюды-мусковита, граната и других полезных компонентов пока не получили однозначного решения и требуют специальных исследований. Предварительные лабораторные опыты по выделению мелкочешуйчатой слюды показали, что путем стадийного дробления и грохочения можно получить до 3–5% слюды, отвечающей требованиям, предъявляемым к сырью для сварочных электродов.

ПЕГМАТИТЫ УЛЯЛЕГСКОГО ПОЛЯ

Общие сведения

Улялегское поле пегматитов расположено в 105 км от г. Петрозаводска, в 115 км от г. Кондопоги. Оно относится к Пряжинскому административному району; до районного центра, пос. Пряжа, 75 км. В 3–5 км от месторождений расположен рабочий поселок Соддер Шуйско-Виданского леспромхоза, а в 35 км – пос. Эссойла. Все месторождения связаны с указанными населенными пунктами автодорогами. Пегматиты в окрестности с. Улялега сосредоточены на небольшой площади между железной дорогой со станцией Н. Пес-

ки и р. Шуи, впадающей в Шотозеро (оз. Соддер). Наиболее крупные сближенные пегматитовые тела, охваченные поисковыми и разведочными работами в разные годы, объединяются в три месторождения: Большое, Брусничное и Кюрьяла, причем последнее включает и Береговое, считавшееся ранее самостоятельным телом (рис. 17).

Улялегское поле пегматитов приурочено к западному крылу Шотозерско-Сямозерской синклинальной структуры субмеридионального простираения, которая является южным ответвлением Западно-Карельской синклинальной подзоны карелид. Западнее и северо-западнее Улялегского поля пегматитов, отделяясь от него выходами гнейсо-гранитов, в субмеридиональном направлении прослеживается Чалкинско-Хаутаваарская синклинальная структура, в пределах которой залегают кварцево-амфиболовые и кварцево-биотитовые графитистые сланцы, относимые к парандовской серии нижнего протерозоя. Последние, по К.О. Кратцу [36], перекрываются сложной толщей туфосланцев, основных и кислых вулканитов хаутаваарской серии, к которым приурочены крупные залежи колчеданных руд.

В пределах Шотозерско-Сямозерской синклинальной структуры распространен сложный комплекс пород, в составе которых устанавливаются глубоко метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные образования, превращенные в разнообразные кристаллические сланцы, роговики и амфиболиты. Среди суперкрустальных образований залегают дайки габбро-амфиболитов и метаперидотитов, жилы и штоки пегматитов. С севера и запада суперкрустальные образования ограничиваются выходами гнейсов, гнейсо-гранитов, гранитов и мигматитов условно архейского возраста южной окраины так называемой Койкарской глыбы. С юга и юго-запада Шотозерско-Сямозерская структура срезается контактом Улялегского массива гранитов рапакиви.

Гнейсы, гранито-гнейсы, граниты и мигматиты, слагающие нижний структурный ярус (фундамент карелид), в обнажениях, расположенных на правобережье р. Шуи (к северу от пегматитового поля), представлены розовато-серыми и серыми мелкозернистыми породами с огнейсованностью субширотного простираения ($255-275^{\circ}$) и крутыми углами падения в направлении на юг. Гранитоиды преимущественно лейкократовые с отдельными вытянутыми полосами, обогащенными биотитом. Среди гранитоидов фиксируются отдельные тела амфиболитов. Северо-восточнее пегматитового поля, на берегах оз. Кивач, развиты лейкократовые розовато-серые микроклиновые граниты и гнейсо-граниты мелко- и среднезернистой структуры с отдельными обособлениями микроклинового гранит-пегматита.

Суперкрустальные образования в пределах Улялегского пегматитового поля обнажены главным образом в юго-восточной части, по берегу оз. Шотозеро. Эти образования, вероятно, слагают южную часть западного крыла синклинальной структуры северо-восточного простираения, с крутыми углами падения, преимущественно в восточных румбах. Основываясь на геофизических данных, Ю.С. Желубовский [28] высказал предположение, что контакт меж-

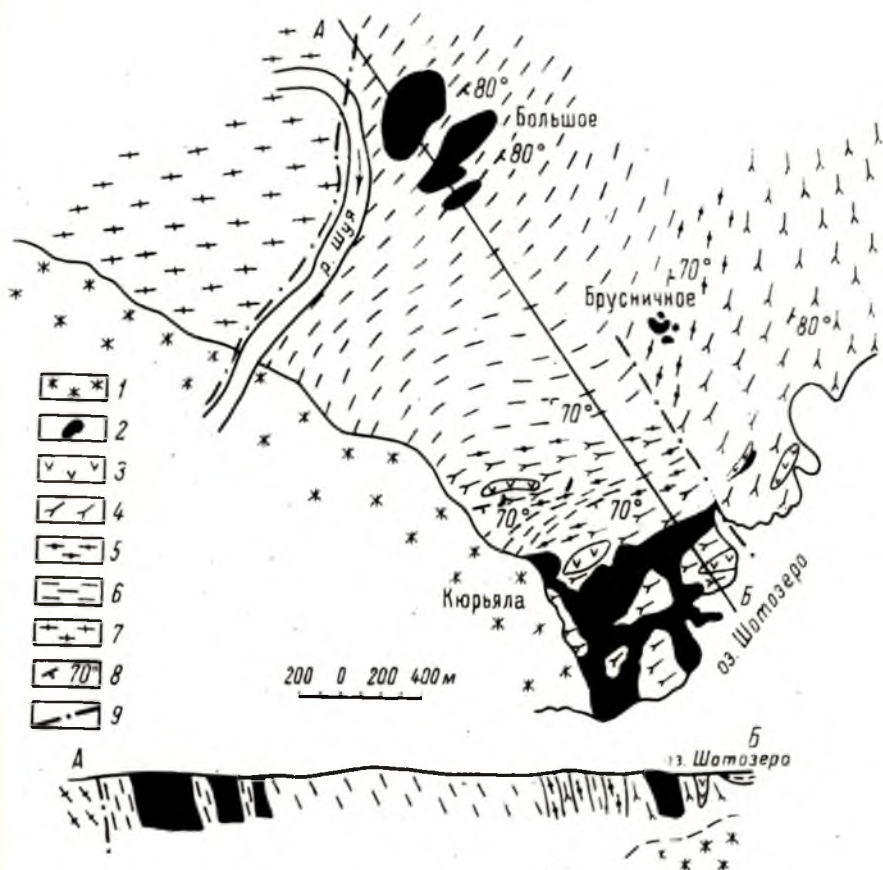


Рис. 17. Схематическая геологическая карта Улялегского поля пегматитов. (Составили А.С. Пекки, Т.К. Кулмала и Ю.И. Белов).

1 - граниты рапакиви; 2 - пегматитовые жилы и штоки; 3 - метапегматиты и габбро-амфиболиты; 4 - амфиболиты и амфиболовые сланцы; 5 - сланцы амфибол-биотитовые; 6 - сланцы кварц-биотитовые; 7 - гнейсо-граниты, мигматиты, гнейсы; 8 - элементы залегания; 9 - тектонические нарушения.

ду гнейсо-гранитами фундамента и суперкрупными образованиями имеет тектонический характер, причем по разлому проходит в настоящее время долина р. Шуи.

Суперкрупные образования условно можно разделить на две толщи, из которых нижняя (предположительно), существенно терригенная, представлена мелкозернистыми серыми участками лептитоподобными и ороговикованными сланцами, а верхняя сложена зелеными сланцами и амфиболитами.

Сланцы нижней толщи по своей первичной природе, вероятно, являются песчаными и песчано-глинистыми осадочными породами [15]. Наряду с терригенным материалом в их составе содержится большее или меньшее количество туфогенного, имеющего в нижней части разреза преимущественно кислый состав. Через горизонт переслаивания, в котором все большее значение приобретают темно-цветные компоненты, толща кварц-биотитовых и лептитоподобных сланцев сменяется толщей зеленокаменных пород.

Верхняя толща прослеживается преимущественно по берегу Шотозера. Породы, слагающие ее, имеют темно-зеленую, местами почти черную окраску. По составу среди сланцев можно выделить хлорит-актинолитовые, хлорит-тремолитовые, хлорит-роговообманковые и роговообманковые разновидности. Такая пестрота состава обусловлена, с одной стороны, изменчивым первичным составом породы, а с другой – различными проявлениями процессов метаморфизма.

Амфиболиты залегают среди сланцев в виде пластовых тел, а также в виде будинированных даек. Они отличаются макроскопически своим темным, почти черным цветом, полнокристаллической структурой, хотя можно наблюдать все переходные разновидности к типичным сланцам. Под микроскопом амфиболиты имеют гранобластовую, нематобластовую структуры. Породы состоят из обыкновенной роговой обманки (70–80%) и основного плагиоклаза (№ 60–65) с подчиненным количеством биотита, хлорита, эпидота. В отдельных разновидностях наблюдается окварцевание, развитие актинолита, тремолита, альбита и хлорита. Среди амфиболитов встречены своеобразные реликтовые текстуры шаровых лав. „Шары“ имеют овальновытянутые очертания, размеры их варьируют от 0,2х0,7 до 0,7х2,0 м. Они представлены тонкозернистым полевошпатовым амфиболитом с реликтами микропайкитовой структуры.

Для зеленых сланцев и связанных с ними амфиболитов характерно широкое развитие сульфидной минерализации. Именно к этой толще приурочены и колчеданные рудопоявления, выявленные в 30–х годах [28].

Амфиболиты, залегающие в виде даек и штокообразных тел, отличаются массивной текстурой и полнокристаллической гетеробластовой структурой. Они состоят из интенсивно плеохроирующей роговой обманки (70–85%) и основного плагиоклаза с подчиненным количеством кварца, биотита, альбита и хлорита. Роговая обманка часто замещается эпидотом, цоизитом, хлоритом. Из аксессуарных встречены фен, апатит и рудные (магнетит, пирит). По своей первичной природе эти породы, вероятно, соответствуют гипабиссальным интрузиям габбро-диабазов.

Метаперидотиты слагают дайки и штокообразные тела, ориентированные в северо-восточном направлении. Контакты их с вмещающими сланцами, как правило, отчетливо секущие. Мощность даек составляет 5–20 м, протяженность до 200 м и более. Породы состоят почти нацело из шестоватых кристаллов тремолита с под-

чиненным количеством талька, хлорита и карбоната. На отдельных участках наблюдаются относительно слабо измененные породы, сложенные зернами оливина и авгита, между которыми располагаются зерна иллингсита, тонковолокнистый серпентин и зерна рудного минерала (магнетит, ильменит). На контакте с пегматитом метапегматит нацело превращен в хлорит-цоизитовую породу с редкими реликтами авгита и оливина.

Пегматиты Улягского поля представлены мощными штокообразными телами сложной морфологии и маломощными жилами дифференцированного строения. Промышленного значения из-за небольших размеров дифференцированные пегматиты не имеют [27].

Граниты рапакиви являются наиболее молодыми докембрийскими образованиями района. Они представляют собой розовато-серые до сургучно-красного цвета крупнозернистые породы, вполне аналогичные гранитам рапакиви II фазы Питкярантского (Салминского) массива, которые слагают всю северную часть последнего.

В эндоконтакте рапакиви имеют мелкозернистую структуру, близкую к кварцевому порфиру либо аплиту, несколько обогащены темноцветными минералами. Ширина этих эндоконтактных зон составляет от десятков сантиметров до нескольких метров. В экзоконтакте массива рапакиви, кроме ороговивания пород, наблюдаются небольшие жилы и „гнездовые инъекции“ мелкозернистого гранитного материала.

Непосредственный контакт рапакиви с пегматитами установлен в пределах месторождения Кюръяла. Здесь экзоконтактовое воздействие проявляется в образовании гнездовых скоплений темного дымчато-серого кварца, а также в диафторических изменениях минералов в пегматитах.

Граниты рапакиви разбиты трещинами северо-восточного (70°) и северо-западного (330°) простираний, некоторые из них „залечены“ кварцем. Эти тонкие кварцевые жилы, очевидно, являются наиболее поздними образованиями, связанными с гранитами рапакиви.

В четвертичное время территория месторождения большей частью была областью накопления озерно-ледниковых и древнеозерных образований, наблюдаемых в виде ленточных глин и песков мощностью до 5–8 м, иногда более.

Месторождение Брусничное

Наиболее изученным из месторождений Улягского поля является месторождение Брусничное, расположенное в 5.5 км к северо-востоку от д. Улягеа, в 2.5–3 км от станции Н. Пески, в 500 м от шоссеной автодороги.

Территория месторождения площадью около 10 га охватывает овальный холм, вытянутый в северо-западном направлении; южный и юго-западный склоны крутые, скалистые, северный и северо-восточный пологие, постепенно переходящие в заболоченную равнину. Относительное превышение холма над уровнем Шотозера 12–15 м.

Месторождение предварительно разведано в 1940 г. (И.М. Моисеев и др.), а детальная разведка произведена трестом „Ленгеолнеруд“ в 1950–1951 гг. (М.Д. Крылова и З.П. Станиславская).

По данным детальной разведки месторождение представлено шестью сближенными штокообразными пегматитовыми жилами, залегающими в биотитовых и биотит-роговообманковых кристаллических сланцах. Одна из жил приурочена к контакту сланцев и штока ортамфиболитов. Пегматитовые жилы располагаются в периклинальной части ассиметричной брахиантиклинальной структуры северо-восточного простирания, осложненной более мелкой складчатостью и разрывными нарушениями северо-западного простирания с крутыми ($80-85^{\circ}$) углами падения. Общее погружение оси брахиантиклинали на северо-восток под углом $20-25^{\circ}$.

Пегматитовые штокообразные жилы вытянуты в общем согласном общему простиранию реликтовой слоистости и совпадающей с ней сланцеватости вмещающих пород, но апофизы нередко имеют секущие контакты.

Жила 1 занимает центральную часть месторождения, вытянута в северо-западном направлении на 250 м при мощности 25–40 м, имеет сложную морфологию, с раздувами и пережимами на глубину и по простиранию. Пегматитовое тело погружается под толщу сланцев и полностью не оконтурено. Жила 1 явилась основным объектом эксплуатации в 1955–1959 гг. Добыча пегматитов производилась двумя уступами по 5–8 м. Вскрышные породы (моренные отложения) сняты по всей площади выхода пегматитов.

Пегматиты в основной массе плагио-микроклиновые ортотектитовой структуры с подчиненным развитием графических и мелкоблоковых структур. Среди них встречены отдельные, более или менее ассимилированные ксенолиты вмещающих биотит-амфиболовых сланцев.

Жила 2 расположена к востоку и северо-востоку от жилы 1, отделяясь пачкой биотитовых сланцев. Простирание жилы субмеридиональное, а мощной апофизы – северо-западное. Падение контактов крутое ($75-85^{\circ}$). Жила приурочена к контакту между штоком габбро-амфиболитов и биотит-амфиболовых сланцев. По жиле пройден карьер размером в среднем 20×50 м, глубиной 5–6 м. В дне карьера вскрыты вмещающие породы (возможно крупный ксенолит).

Жила 3 расположена к югу от жилы 1 в непосредственной близости от последней и, возможно, является ее апофизой. На глубину пегматиты прослеживаются лишь на 5–7 м. Не исключено, что здесь от эрозии сохранилась лишь нижняя (килевая) часть жилы. Об этом свидетельствуют существенно плагиоклазовый состав пород, их ортотектитовая структура.

Жила 4 расположена к северу от жилы 1, отделяется от последней пачкой сложно дислоцированных биотит-амфиболовых сланцев мощностью 15–20 м. Имеет северо-западное простирание, с падением контактов под углами $50-65^{\circ}$ на северо-восток. Площадь выхода пегматитов 170 м^2 . По жиле пройден небольшой карьер,

в котором вскрыт пегматит плагиоклазовый ортотектитовой структуры с отдельными обособлениями графического микроклинового пегматита.

Жилы 5 и 6 расположены в юго-западной части месторождения, где они обнаружены под толщей четвертичных отложений разведочными скважинами. Возможно, они являются апофизами жилы 1.

По качеству пегматиты месторождения в целом являются существенно плагиоклазовыми породами, в различной степени окварцованными и загрязненными железосодержащими компонентами (преимущественно биотитом, отчасти роговой обманкой, пиритом и гидроокислами железа). Без обогащения пегматиты соответствуют при валовой добыче кварц-полевошпатовому сырью, пригодному для стекольной промышленности. При детальной разведке рудоразборка на микроклиновые и плагиоклазовые разновидности здесь не производилась, но, судя по наблюдениям в карьерах и результатам опробования наиболее крупных жил 1 и 2, здесь возможно получение кускового микроклинового пегматита II сорта с калиевым модулем выше 2 в количестве не менее 10–15% от жильной массы. Об этом же свидетельствуют данные по химическому составу пегматитов [12].

О пригодности пегматитов для стекольной промышленности и строительной керамики достаточно убедительно свидетельствует пятилетняя успешная эксплуатация этого месторождения Кондопожским пегматитовым заводом, который после размола (практически без обогащения) поставлял пегматит различным предприятиям.

Опыты по обогащению пегматитов, выполненные в Ленинградском горном институте в 1951 г., показали возможность получения высококачественных концентратов как методом флотации, так и электромагнитной сепарации. Содержание окислов железа в концентратах магнитной сепарации 0.06–0.12, в концентратах флотационного обогащения 0.05–0.16 при содержании Fe_2O_3 (общее) в исходных пробах 0.34–0.61%. Выход концентратов 80–85% от исходных полупромышленных проб. Запасы пегматитов: составляют по категориям $A + B + C_1$ – 1965 тыс. т и C_2 – 966 тыс. т. Горно-технические условия эксплуатации месторождения благоприятные.

Месторождение Кюрьяла

Наиболее крупным месторождением пегматитов Улялегского поля является месторождение Кюрьяла. Оно расположено в юго-восточной части поля, в 5 км от станции Н. Пески, в 500 м от шоссеной автодороги, на берегу Шотозера. Территория месторождения, площадью около 20 тыс. м², представляет собой холмистую равнину, покрытую смешанным лесом и частично занятую лугами.

Месторождение Кюрьяла по результатам последних работ представляется огромным штокообразным телом пегматита сложной морфологии. Установленная протяженность штока в направлении

с юго-запада на северо-восток 700 м, а в направлении с северо-запада на юго-восток до берега Шотозера 870 м, причем месторождение оконтурено не полностью. Глубина распространения пегматита по данным бурения скважин превышает 100 м.

Пегматитовый шток располагается в периклинальной части антиклинальной структуры северо-восточного простириания. Форма и размеры его контролируются пересекающимися тектоническими разломами северо-восточного и северо-западного простирианий с большим количеством оперяющих трещин. Конфигурация штока осложняется наличием апофиз, вскрытых эрозией на разных уровнях и останцами кровли суперкрупных образований (рис. 18).

Вмещающими породами для пегматитового штока являются амфиболовые, биотит-амфиболовые кристаллические сланцы с залегающими в них штокообразными телами и дайками габбро-амфиболитов и метаперидотитов.

С запада и юго-запада шток пегматитов и вмещающие суперкрупные образования пересечены контактом массива гранитов рапакиви. Южная часть пегматитового штока, вероятно, продолжается под Шотозером (рис. 17).

По морфологии, внутреннему строению и составу слагающих пород месторождение относится к типу недифференцированных гранитных пегматитов (тип I) по геолого-промышленной классификации (табл. 4).

Во внутреннем строении пегматитового тела упорядоченность в распределении структурно-минеральных комплексов выражена слабо. Основную массу пород, по-видимому, составляют пегматиты ортотектитовой структуры с размером зерен 0.5–3 см. Среди этих пород фиксируются участки и шпироподобные обособления пегматоидной структуры с размером зерен 8–10 см, а также блоки графического пегматита, особенно хорошо наблюдаемые на сглаженных береговых скалах. Непосредственно на контакте с вмещающими породами и вблизи ксенолитов пегматиты имеют мелкозернистое сложение и гранитный облик. Экзоконтактовое воздействие пегматита на амфиболовые сланцы проявляется в одних случаях в образовании оторочки из биотитового слюдита, в других – в инъецировании в виде прожилков, импрегнаций кварц-полевошпатового материала с образованием гибридных пород. В эндоконтакте наблюдается обогащение пегматита темноцветными минералами.

В пределах всего штока, особенно в средних частях, прослеживаются прерывистые зоны северо-восточного простириания, в которых концентрируются графический микроклиновидный пегматит, отдельные крупные блоки микроклин-пертита и жилородоподобные выделения дымчато-серого кварца.

Для пегматита в целом характерны более или менее интенсивные проявления кварцевого и натрового метасоматоза, обусловившие широкое развитие апографических и петельчатых структур. Окварцевание нередко сопровождается развитием турмалина в виде кристаллов и агрегатов, а также гнездовых образований кварц-мускови-

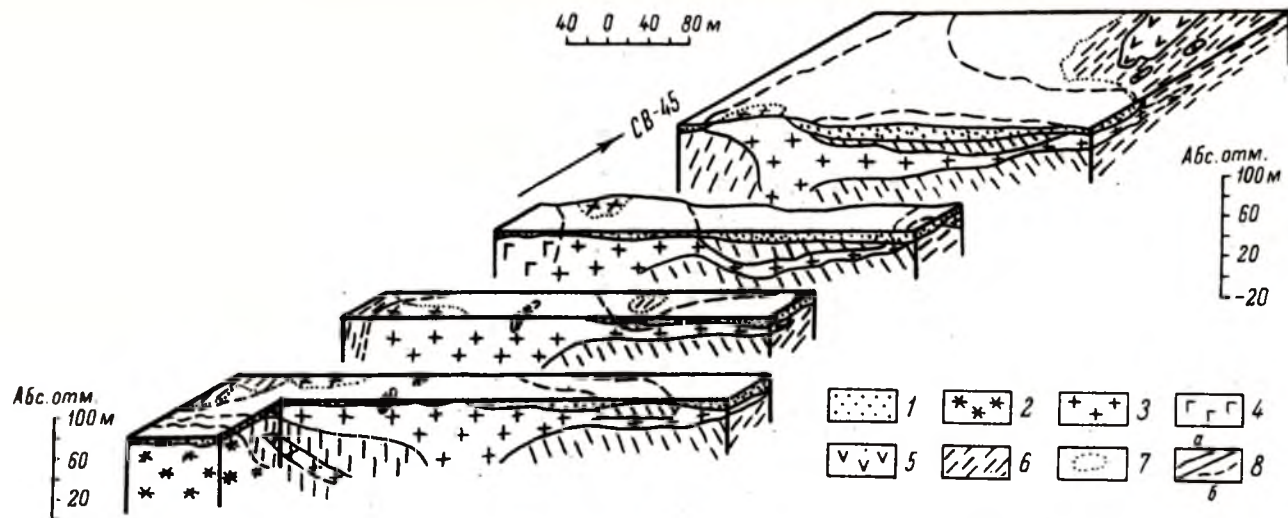


Рис. 18. Блок-диаграмма месторождения пегматитов Кюрьяла. (Составили А.С. Пекки, Т.К. Кулма-ла и Ю.И. Белов).

1 - четвертичные отложения; 2 - граниты рапакиви; 3 - пегматиты; 4 - метаперидотиты; 5 - амфи-
боловые сланцы и рассланцованные амфиболиты; 6 - контакты пород.

товых комплексов размером до 1.2–1.5 м в поперечнике. Все структурные разновидности пегматита в разной степени катаклазированы.

Пегматиты ортотектитовой структуры состоят в основном из плагиоклаза, микроклина и кварца приблизительно в равных количествах, содержат, кроме того, пластины и чешуйки мусковита и биотита. Из второстепенных и акцессорных минералов присутствуют гранат, апатит, циркон, хлорит, цоизит и гематит. Плагиоклаз (олигоклаз № 22–24) имеет розовато-серый, иногда зеленовато-серый цвет; в шлифах он буроватый от продуктов вторичных изменений (серицит, соссюрит). В результате катаклаза зерна плагиоклаза деформированы, часто раздроблены. В „зонах“ наиболее интенсивного катаклаза развивается мелкозернистый агрегат кварца, альбита, серицита и хлорита с налетами гидроокислов железа.

Микроклин в пегматитах ортотектитовой структуры отличается от плагиоклаза обычно более интенсивным красным цветом. Он образует зерна размером до 3 см в поперечнике, нередко придающие породе порфиоровидный облик. В шлифе микроклин буроватый от продуктов вторичных изменений, причем последние концентрируются полосами, обусловленными тектоническими напряжениями. В микроклине наблюдаются тонкие веретенообразные пертиты распада, ориентированные субпараллельно, обычно по удлинению зерен. Пертиты замещения, в десятки раз более крупные в сравнении с первыми, образуют сложно ветвящиеся прожилки шириной до 0.1–0.2 мм, пересекающие зерна микроклина в различных направлениях. Эти прожилки состоят из sdвойникованных зерен альбита (№ 3–5), ориентированных строго параллельно между собой независимо от ориентировки самих прожилков в пределах отдельного зерна микроклина. Альбит развивается также по краям микроклиновых зерен, как бы разъедая их, и входит в состав сложного тонкозернистого агрегата в ассоциации с кварцем, серицитом и хлоритом.

Кварц представлен зернами нескольких генераций, отличающихся между собой по форме, размерам, степени катаклаза и взаимоотношению с зернами полевых шпатов и других минералов. Содержание кварца колеблется в широких пределах – от 15–20% в наименее измененных породах до 70–80% в сильно окварцованных участках.

Биотит в пегматите ортотектитовой структуры образует мелкие чешуйки, реже – мелкие таблитчатые кристаллы, распределенные в породе без видимой закономерности. Некоторое увеличение биотита отмечается в приконтактных зонах и вблизи ксенолитов, где биотит образует мелкие таблитчатые зерна и линзовидные агрегаты. Под микроскопом устанавливается интенсивная хлоритизация биотита, его осветление с выделением тончайшей магнетитовой пыли по плоскостям спайности. В слабо измененных пластинах биотита плеохроизм интенсивный от темно-бурого (почти черного) по Ng до почти бесцветного по Np.

Мусковит, как и биотит, в ортотектитовом пегматите образует одиночные мелкие (0.3–1 мм) деформированные пластины или

мелкочешуйчатые агрегаты. Повышенное количество мусковита отмечено по магистральной канаве № 4.

Гранат распространен в ортогнейном пегматите без видимой закономерности. Он обычно красновато-бурый, относящийся к альмандин-спессартиновой разновидности. Встречены зерна размером 1.0–1.2 мм в поперечнике, расположенные в агрегате идиоморфных зерен позднего кварца. Зерна граната сильно трещиноватые, содержат включения округло-угловатых зерен кварца, мелкие чешуйки серицита и хлоритизированного биотита.

Апатит установлен только в шлифах в виде единичных мелких (0.01–0.03 мм) игольчатых зерен, обычно включенных в зерна микроклина.

Хлорит — распространенный вторичный минерал, образующийся главным образом по биотиту, а также в ассоциации с альбитом и серицитом в зонах интенсивного катаклаза. Он обычно буровато-зеленый, причем при скрещенных николях интерференционная окраска тоже буроватая, грязно-зеленая.

Цоизит является характерным вторичным минералом, развивающимся по плагиоклазу в виде агрегатов удлиненно-призматических или одиночных широкотаблитчатых зерен. Погасание прямое, $N_g - N_p = -0.004 - 0.005$, удлинение положительное.

Гидроокислы железа в виде красновато-бурых пленок развиваются по трещинам между всеми минералами, особенно в „зонах“ интенсивного катаклаза.

Блоки микроклин-пертита и графического пегматита варьируют по размерам от 10–15 см до 1.5 м, составляя в преобладающем большинстве 0.4–0.6 м. Цвет микроклина кремовый, светло-розовый, красновато-серый до сургучно-красного. Отмечено увеличение интенсивности окраски микроклина вблизи контакта с гранитом рапакиви. Графический пегматит и блоки микроклин-пертита визуально представляются наименее „загрязненной“ железосодержащими минералами породой. Однако и здесь наблюдаются отдельные гнездовые скопления и „просечки“ хлоритизированного биотита, в ассоциации с кварц-мусковитовым комплексом развивается турмалин. Под микроскопом микроклин-пертит имеет буроватый цвет от продуктов распада. Двойниковая решетка, как правило, плохо просматривается, но хорошо видны веретенообразные зерна альбита. Характерно постоянное присутствие мелких (0.01–0.05 мм) включений округлых зерен кварца, а также таблитчатых идиоморфных зерен плагиоклаза (№ 22–24) и тонких чешуек серицита. Из акцессорных минералов встречены игольчатые и призматические зерна апатита. Катаклиз и, вероятно, следовавший за этим натровый метасоматоз проявились на блоковом микроклин-пертите относительно слабо. В шлифах наблюдаются волнистое погасание зерен, деформация двойниковой решетки и развитие по трещинам агрегатов мелкотаблитчатого альбита в ассоциации с мелкими зернами кварца. Последние обычно составляют не более 3–5% площади шлифа. Характерно почти полное отсутствие налетов гидроокислов железа.

В графических пегматитах микроклин в общем аналогичный охарактеризованному выше, но вросстки идиоморфных зерен плагиоклаза (№ 22-24) встречаются значительно чаще. Они окружены обычно оторочкой из серицита и более или менее интенсивно соссоуритизированы.

Вросстки кварца в микроклине, обуславливающие графические структуры, фиксируются по крайней мере трех типов: 1) клиновидные вросстки, состоящие из 1-2 зерен размером 1.5-3 мм, с прямолинейными контурами, катаклазированные, что видно по секционному погасанию; 2) длинные параллельные прямолинейные прожилки, состоящие из нескольких зерен, вытянутых в цепочки. Отмечен случай, когда крупное кварцевое зерно - „вроссток первого рода“ как бы оторочен цепочками более мелких зерен („вростками второго рода“); 3) крупные (до 3-5 мм) различной формы включения, состоящие из многочисленных зерен с зубчатыми краями, различно ориентированные, с волнистым погасанием.

Встречаются сочетания вросстков „второго и третьего рода“.

Биотит и мусковит в шлифах графического пегматита встречен лишь в виде редких мелких чешуек.

Из аксессуарных минералов установлен, кроме ранее указанных, циркон.

Альбитизация в графическом пегматите проявляется более интенсивно, чем в блоковом. Мелкотаблитчатый альбит развивается не только в виде ветвящихся прожилков, но также вдоль кварцевых вросстков или на продолжениях их вытянутых граней, что, вероятно, связано с более сильной деформацией здесь микроклиновых зерен при катаклазе. В целом в графическом пегматите по шлифам устанавливается существенно больше гидроокислов железа, чем в блоковом микроклине, но меньше, чем в ортотектитовом.

Пегматит апографической структуры состоит из микроклина, плагиоклаза и кварца в различных соотношениях. Наряду с микроклиновыми и плагио-микроклиновыми разновидностями среди апографического пегматита доминирующее значение имеют микроклин-плагиоклазовые и плагиоклазовые разновидности. В отличие от графического пегматита апографический более сильно альбитизирован; вросстки кварца в нем разрослись до крупных и гигантских размеров, часто соединяются между собой. В этом случае полевошпатовые зерна оказываются заключенными в кварц в виде реликтов. Можно наблюдать всевозможные переходы от графического к грубографическому и апографическому пегматиту. Последние, как правило, интенсивнее катаклазированы, с образованием тонкозернистого агрегата кварца, альбита, серицита и хлорита, более загрязнены гидроокислами железа. В них часто встречаются просечки-микротрещины, по которым разрастаются мелкочешуйчатый биотит, хлорит и цоизит.

Катаклазу, как уже указывалось, подверглись все разновидности пегматитов, причем в разной степени, без видимой закономерности. По наблюдениям зерен кварца можно установить, что

пегматиты подверглись тектоническим напряжениям по крайней мере дважды. Так, например, угловатые зерна кварца с прямолинейными гранями („ихтиоглипты“), являющиеся, вероятно, наиболее ранней генерацией, катаклазированы сильнее других. Они имеют всегда аномальное секционное погасание, иногда раздроблены, и по микро-трещинам в них развивается кварц более поздней генерации. Зерна кварца в микропрожилках, залечивающих трещины в катаклазированных зернах полевых шпатов и других минералов, в свою очередь также подверглись динамическим воздействиям, так как имеют об-лачное погасание. И только изометричные зерна кварца, нередко слагающие отдельные участки гранобластовой (идиобластовой) струк-туры, напоминающие вторичный кварцит, имеют нормальное по-гасание.

Полевые шпаты в результате катаклаза также приобретают аномальные погасания, зерна их деформируются, что особенно вид-но по трещинам спайности и двойникам, они разбиваются на отдель-ные фрагменты, нередко перемещенные друг относительно друга, и — как крайний случай — из них образуется милонит. Естественно, что наиболее катаклазированные зерна наиболее интенсивно подвер-гались и вторичным изменениям. Плагноклазы частично или полнос-тью замещаются мелкозернистым агрегатом, в котором при больших увеличениях определяются кварц, альбит, серицит, хлорит, цоизит в различных сочетаниях, а также мелкие чешуйки мусковита. Послед-ние, возможно, образуются по биотиту, так как содержат тонкую магнетитовую пыль по трещинам спайности. Магнетитовая пыль, а также бурые гидроокислы железа нередко обволакивают зерна всех минералов в катаклазированных пегматитах. На отдельных участках катаклаз пегматита сопровождается его рассланцеванием. Последнее выражается в субпараллельной ориентировке реликтов полевошпато-вых и кварцевых зерен, погруженных в агрегат мельчайших зерен кварца, альбита и серицита, ориентировке микропрожилков кварца, полосчатой концентрации хлорита и гидроокислов железа.

Для пегматита катаклазированных участков характерны прояв-ления более или менее интенсивного кварцевого и натрового мета-соматоза и почти не наблюдались признаки привноса калия. Лишь в единичных зернах плагноклаза фиксировались антипертиты, в то время как пертиты замещения в зернах микроклина развиты очень широко. В пегматитах наблюдается развитие кварц-мусковитовых и кварц-турмалиновых комплексов.

Поскольку месторождение Кюрьяла разведывалось как сырье-вая база Кондопожского пегматитового завода, где на самостоятель-ных технологических линиях планируется получение маложелезистых концентратов из плагноклазовых пегматитов для стекольной промыш-ленности и микроклиновых — для электротехнического фарфора, в процессе разведочных работ сортировка сырья производилась на две промышленные разновидности, с выделением отходов. В основу оценки качества при сортировке принимались главным образом структурные признаки и отчасти цвет пегматита. В качестве сырья

для электрокерамики выделялись пегматиты блоковой и графической структур, обычно имеющие светло-розовый или ярко-розовый цвет, существенно микроклиновый состав.

В качестве сырья для стекольной промышленности выделялись пегматиты ортотектитовой, апографической и петельчатой структур, имеющие серый, розовато-серый, иногда сургучно-красный цвет, существенно плагиоклазовый состав. Последние обычно больше „загрязнены“ биотитом, мусковитом, гранатом, турмалином и гидроокислами железа. Опробованию с ручной рудоразборкой подверглись как керн по скважинам, так и магистральные каналы. В результате опробования установлено закономерное уменьшение содержания микроклиновых разновидностей в направлении с северо-востока на юго-запад по мере приближения к контакту массива рапакиви. Это, очевидно, связано с воздействием на пегматит **тектонических напряжений**, предшествовавших внедрению гранитов рапакиви, и развившимся после их внедрения натровым метасоматозом.

В средней части жилы, как уже указывалось, более или менее отчетливо прослеживаются зоны с повышенным содержанием микроклиновых разновидностей, ориентированных с юго-запада на северо-восток. Первая зона длиной более 100 м при средней мощности около 30 м содержит в среднем микроклинового пегматита 28% от жильной массы. Вторая зона, расположенная в 90 м от первой, протягивается также более чем на 100 м при средней мощности 30 м, а среднее содержание микроклиновых разновидностей 28%. Третья зона, возможно являющаяся продолжением второй, прослежена на 55 м при содержании микроклиновых разновидностей до 45–50%.

Кроме указанных зон, по данным опробования отдельных горных выработок и по визуальным наблюдениям на обнаженной поверхности выделяются более или менее значительные участки, в которых содержание микроклиновых разновидностей превышает 20%. Среднее содержание микроклиновых разновидностей в центральной части месторождения по данным валового опробования составляет 18%, а в среднем по указанным зонам 33%. В кристаллической решетке микроклина практически отсутствует трехвалентное железо, что позволяет надеяться на хорошую обогатимость микроклинового пегматита.

Чистый микроклин в составе пегматита в виде крупноблоковых выделений содержится в количестве менее 1%, поэтому самостоятельного промышленного значения он не представляет.

Микроклиновые пегматиты по среднему содержанию окислов железа (0.28%), сумме щелочных окислов (11.98%) и калиевому модулю пригодны для тонкой керамики. Однако колебания в содержании красящих окислов значительные, поэтому даже микроклиновые пегматиты рекомендуется обогащать методом электромагнитной сепарации.

Плагиоклазовые разновидности пегматита по всем показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью для стекольной промышленности, по сумме щелочей (8.05) и калиевому модулю (0.9), это сырье件годно для фаянсовых керамических масс,

Т а б л и ц а 12

Химический состав (в вес. %) пегматитов
месторождения Кюрьяла (анализы ЦХЛ СЗТУ)

Компоненты	Пегматит						
	микроклиновый			плаггиоклазовый			несор- тиро- ванный (сред- ний)
	от	до	средний по 91 пробе	от	до	средний по 101 пробе	
SiO ₂	65.74	73.90	71.54	72.00	79.00	75.31	74.58
TiO ₂	0.0	0.02	0.01	0.0	0.05	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	14.50	18.70	15.63	12.45	16.15	14.20	14.45
Fe ₂ O ₃ (общ.)	0.07	0.52	0.28	0.31	1.65	0.83	0.72
CaO	0.06	0.61	0.27	0.14	0.78	0.50	0.45
MgO	0.00	0.22	0.11	0.00	0.36	0.15	0.14
K ₂ O	6.71	11.92	8.75	1.40	6.31	3.91	4.87
Na ₂ O	2.42	4.40	3.23	3.20	6.00	4.14	3.96
K ₂ O + Na ₂ O	10.60	15.21	11.98	5.43	10.31	8.05	8.83
K ₂ O : Na ₂ O	1.7	4.4	2.7	0.2	1.5	0.9	1.2

но нуждается в обогащении из-за повышенного содержания окислов железа. Несортированный пегматит отличается от плаггиоклазового лишь несколько более высоким калиевым модулем (1.2) и несколько меньшим содержанием окислов железа (0.72) и также нуждается в обогащении.

Как видно из данных табл. 12, пегматиты месторождения Кюрьяла вполне удовлетворительно поддаются ручной рудоразборке на две промышленные разновидности (микроклиновые и плаггиоклазовые), каждая из которых нуждается в обогащении по железу.

Первые опыты по обогащению пегматитов были выполнены в лаборатории Института геологии Л.С. Скамницкой в 1971 г. Минералогический анализ пробы показал, что железосодержащими в породе являются мусковит, биотит, хлорит, гранат, амфибол, турмалин, магнетит и гидроокислы железа.

В результате обогащения на индукционно-роликовом сепараторе с нижней подачей материала из микроклинового пегматита был получен концентрат с содержанием окислов железа 0.13%.

Т а б л и ц а 13

Химический состав (в вес. %) технологических проб и концентратов электромагнитной сепарации по месторождению пегматитов Кюрьяла

Компоненты	Пегматит							
	микроклиновый (К-4)		плагиоклазовый (К-5)		несортированный (К-1)		несортированный (К-3)	
	сырье	концентрат (выход 89.8%)	сырье	концентрат (выход 84.8%)	сырье	концентрат (выход 91.1%)	сырье	концентрат (выход 80.1%)
SiO_2	72.40	72.30	75.60	77.45	74.30	75.70	73.80	73.70
TiO_2	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	0.10	Сл.	Сл.	Сл.
Al_2O_3	15.35	15.15	14.15	13.25	15.24	14.16	15.0	16.12
Fe_2O_3	0.24	0.13	1.10	0.26	0.56	0.15	0.65	0.16
CaO	0.15	0.20	0.35	0.40	0.57	0.50	0.41	0.34
MgO	0.03	0.02	0.10	0.04	0.17	0.02	0.13	0.06
K_2O	8.00	7.95	2.85	2.80	4.95	5.12	5.19	5.00
Na_2O	3.15	3.05	4.78	4.70	3.97	3.94	3.75	4.25
П.п.п.	0.30	0.40	0.80	0.60	0.01	0.18	0.60	0.44
Сумма	99.62	99.20	99.73	99.50	99.87	99.77	99.53	100.07
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	11.15	11.00	7.63	7.50	8.92	9.06	8.94	9.25
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	2.54	2.60	0.60	0.60	1.25	1.30	1.38	1.18

Т а б л и ц а 14

Химический состав (в %) концентратов флотационного обогащения пегматитов месторождения Кюрьяла

Концентрат	Выход, %	SiO_2	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$
Калий-по- левошпа- товый	33.7	—	0.15	9.15	4.50	13.65	2.03
Натрий-по- левошпа- товый	25.2	—	0.25	3.63	5.61	9.24	0.65
Кварцевый	20.7	97.0	0.10	0.25	0.25	—	—

По результатам керамических испытаний ГИКИ оценил полученный концентрат как пригодный для производства фарфоровых масс и глазурей высокого качества.

В 1972 г. в лаборатории „Гипрониметаллоруд“ проведено обогащение четырех проб пегматитов, представляющих основные разновидности сырья (табл. 13). В результате опытов были разработаны схемы и технологические режимы, позволившие получить на полупромышленном сепараторе 169-СЭ из микроклиновых пегматитов (проба К-4) высококачественный концентрат; из несортированного пегматита валовых проб (К-1 и К-3) получен концентрат, соответствующий по качеству требованиям 1 сорта ГОСТ 15045-69 на кварц-полевошпатовое сырье для фаянсовых керамических масс; этот концентрат также удовлетворяет требованиям, предъявляемым к сырью для стекольной промышленности (КПС-1 ГОСТ 13451-68). Микроклиноплагиоклазовый концентрат (проба К-5), где содержание окислов железа в исходном пегматите было 1.10%, удовлетворяет требованиям на сырье КПС-2 ГОСТ 13451-68.

В результате исследований разработаны схемы и режимы обогащения пегматитов флотационным методом, которые позволили получить на полупромышленной установке из несортированного пегматита высококачественные микроклиновые, кварц-полевошпатовые и кварцевые концентраты (табл. 14).

Как видно из данных табл. 14, в результате осуществления флотации получены высококачественные полевошпатовые концентраты для производства художественного, хозяйственного фарфора и фаянсовой глазури при выходе 33.7%, сырье для фаянсовых и керамических масс при выходе 25.2% и кварцевый концентрат 1 сорта при выходе 20.7%.

В ГИКИ изучены микроклиновый и плагиоклазовый концентраты, полученные в институте „Гипронинеметаллоруд“ путем магнитной сепарации. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что из микроклинового концентрата можно производить продукцию 1 сорта, а плагиоклазовый концентрат отвечает требованиям, предъявляемым к сырью для производства полуфарфора. Запасы жильной массы пегматитов месторождения Кюрьяла, подсчитанные до глубины 40 м (абсолютной отметки +60 м), составляют (в млн. т): по категории C_1 - 4.3, в том числе микроклиновых разновидностей 20%, или 0.865, и по категории C_2 - жильной массы 6.6, в том числе 1.3 микроклиновых разновидностей.

Для определения физико-механических свойств и последующего комплексного использования пород месторождения Кюрьяла сотрудниками Лаборатории природного и технического камня Института геологии Карельского филиала АН СССР была отобрана и испытана проба амфиболовых сланцев, залегающих в кровле пегматитового тела.

В результате проведенных исследований предварительно установлено, что указанные вскрышные породы удовлетворяют требованиям ГОСТ 8267-64 на горные породы для производства щебня. При детальной разведке необходимо будет выполнить их систематическое опробование на полный комплекс физико-механических испытаний.

Гидрогеологические и горно-технические условия, по данным проведенных работ, благоприятные. Максимальные водопритоки следует ожидать до 170 м³/час, а с учетом ливневых вод 258 м³/час при наибольшей площади карьера. На большей части месторождения мощность вскрышных четвертичных отложений составляет 0.5-1.5 м, увеличиваясь лишь на флангах до 7-12 м. Отношение объема вскрыши к полезному ископаемому 1 : 14.

Месторождение может отрабатываться двумя уступами, практически без разности бортов карьера на всю глубину полезного ископаемого.

Месторождение Большое

В северо-западной части Улялегского поля расположены выходы пегматитов, которые были известны под названием Жильный шток, Большой. В действительности же, как было установлено, месторождение представлено не одним, а несколькими разобщенными штокообразными телами, залегающими в кварц-биотитовых и кварц-биотит-амфиболовых сланцах. Территория месторождения плохо обнажена, а небольшой объем поисково-разведочных работ оказался недостаточным для выяснения его геологического строения. Пегматиты на территории месторождения выступают на поверхность или вскрыты горными выработками главным образом на плоских вершинах и склонах разобщенных холмов. По материалам маршрутного обследования, проходки канав и картировочного бурения, с учетом данных геофизики можно лишь предполагать, что пегматиты

слагают по крайней мере три штокообразные жилы, субпараллельно ориентированные в северо-восточном направлении.

Жила 1, расположенная в северо-западной части месторождения, вероятно, является наиболее крупной. Истинные размеры ее не установлены, но, основываясь на данных проходки канав, картировочных скважин и наблюдениях по обнажениям, можно предполагать, что протяженность ее около 600 м при максимальной мощности 250 м. В средней части жилы встречен ксенолит кварц-биотит-хлоритовых ороговикованных сланцев, вытянутый по азимуту 30°.

Жила 2 расположена в средней части месторождения. От жилы 1 ее отделяет полоса развития кристаллических сланцев, подсеченных серией картировочных скважин. Хотя контакты жилы 2 не вскрыты, но по данным картировочного бурения, обнажениям и канavam можно предположить, что мощность ее достигает 120 м, а протяженность не менее 300 м.

Жила 3, расположенная в юго-восточной части месторождения, имеет мощность около 100 м, а протяженность не менее 250 м.

По строению, составу и структурным особенностям это месторождение, как и другие, относится к типу недифференцированных гранитных пегматитов (тип II). Все жилы месторождения, по-видимому, аналогичны, хотя их внутреннее строение в деталях осталось неизученным. По имеющимся данным можно предположить, что основная масса жил представлена пегматитом ортотектитовой гипидио-морфнозернистой структуры, плагиоклазового и микроклин-плагиоклазового составов, с размером зерен 0.5–3 см. Среди этой в общем выдержанной по составу породы фиксируются обогащенные микроклином обособления с размером зерен главных породообразующих минералов до 8–12 см. В средних частях жил наблюдаются также блоки графического микроклинового пегматита и микроклин-перти-та до 20–30 см в поперечнике. Характерным для пегматитов является более интенсивное, чем на других месторождениях этого поля, развитие апографических структур и особенно кварц-мусковитовых комплексов. Отмечаются также проявления интенсивного катаклаза

Главными породообразующими минералами являются плагиоклаз, микроклин и кварц приблизительно в равных количествах, но с большими колебаниями в разных участках жил. Всегда в пегматите содержатся слюды, среди которых резко преобладает серебристый мусковит, развивающийся по полевым шпатам и по биотиту. Из второстепенных и аксессуарных минералов установлены турмалин (шерл), гранат, апатит, циркон, сфен, ортит, хлорит, цоизит, кальцит, пирит, гидрокислы железа.

По химическому составу пегматиты, как это установлено по результатам бороздового опробования (табл. 15), полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью для стекольной промышленности. Содержание глинозема в них выше 14%, сумма щелочных окислов 8(10.5)%, калиевый модуль равен 0.9 (± 0.15).

По результатам опробования, произведенного в 1935 г., М.И. Рохлин и Е.В. Соловьева [28] пришли к выводу, что на мес-

Т а б л и ц а 15

Химический состав (в вес. %) пегматитов¹
месторождения Большое

Компоненты	Пегматит					
	микроклиновый графичес- кой структуры			плаггиоклазовый апографи- ческой и ортотектитовой структуры		
	от	до	среднее по 4 ана- лизам	от	до	среднее по 5 ана- лизам
SiO_2	73.43	74.34	73.91	73.47	75.14	74.63
TiO_2	0.03	0.07	0.05	0.03	0.07	0.05
Al_2O_3	14.34	15.28	14.90	15.18	16.22	15.61
Fe_2O_3	0.42	0.49	0.45	0.40	0.78	0.60
MnO	Сл.	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
MgO	"	0.04	0.02	Сл.	0.14	0.04
CaO	0.18	0.40	0.30	0.66	0.98	0.88
Na_2O	2.39	3.39	2.90	3.77	5.45	4.66
K_2O	5.60	7.92	6.79	1.52	4.50	3.19
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	8.99	10.31	9.89	6.79	8.27	7.85
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	3.3	1.6	2.34	0.40	1.2	0.7

торожении возможна ручная сортировка сырья с выделением микроклиновых разновидностей. В одном из шурфов, вскрывшем пегматонидный („кусковой“) пегматит при рудоразборке, было получено 36.5% керамического сырья, в том числе 2% чистого полевого шпата. Из „зернистого пегматита“ (пегматит микроклин-плаггиоклазовый ортотектитовой структуры) выход керамического сырья составил 19.5%. Керамические испытания выделенных полевошпатовых материалов по заключению ГИКИ подтвердили вывод об их высоком качестве и пригодности для тонкой керамики. По нашим данным, микроклиновыи пегматит мелкоблоковой и графической структуры

¹ Анализы химической лаборатории Института геологии Карельского филиала АН СССР.

соответствует требованиям, предъявляемым к сырью для тонкой керамики, но нуждается в обогащении по содержанию красящих окислов, которые связаны главным образом с биотитом и гранатом.

По аналогии с пегматитами месторождений Брусничного и Кюрьяла можно ожидать, что все разновидности пегматитов будут хорошо обогащаться методом электромагнитной сепарации и флотации, обеспечивая получение из микроклиновых разновидностей концентратов КПШМ 0.20–2 ГОСТ 7030–75, а из плагиоклазовых – первосортных концентратов для стекольной промышленности и производства фаянсовых изделий (ГОСТ 15045–69). Выход микроклиновых разновидностей в среднем ориентировочно принимается 15%. Валовые запасы пегматитов, подсчитанные по жилам до глубины 20 м, составляют 7.4 млн. т, в том числе около 1 млн. т микроклиновых разновидностей.

Горно-технические условия отработки месторождения благоприятные, так как мощность вскрышных четвертичных отложений не превышает 10–12 м. Это месторождение может рассматриваться как надежная резервная база полевошпатового сырья.

Оценивая в целом месторождения гранитных пегматитов Карелии – традиционную минеральносырьевую базу полевошпатовой промышленности, можно сделать следующие выводы.

1. На территории КАССР имеется большое разнообразие природных и промышленных типов пегматитов, в течение длительного времени являющихся источниками полевошпатового сырья различного назначения.

2. Разведанные и прогнозные запасы полевошпатового сырья месторождений Чупино–Лоухского и Кемско–Беломорского пегматитоносных районов обеспечивают добычу высококачественного микроклина и микроклинового пегматита для особо ответственных фарфоровых изделий, глазурей и сырья для Чупинской ПОФ.

3. Месторождения пегматитов Приладожья и Улялегского поля обеспечивают удовлетворение потребностей в кварц–полевошпатовом сырье для стекольной промышленности и стройкерамики, а на отдельных крупных месторождениях (Линнаваара, Кюрьяла и др.) возможна выборка до 20% микроклинового сырья для обогащения на Кондопожском заводе при условии его реконструкции с целью производства концентратов для фарфорово–фаянсовой и электроизоляционной промышленности.

НОВЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

Новые виды полевошпатового сырья в Карелии, несмотря на очевидную их перспективность, пока не используются промышленностью, больше того, изучение их идет чрезвычайно медленными темпами. К настоящему времени геологически и технологически более или менее изучены только (в хронологическом порядке) граниты рапакиви Питкярантского массива, кислые вулканогенные породы месторождений Роза Ламби и Костомукши и отчасти щелочные и субщелочные породы месторождения Елетьозеро. Но и по этим месторождениям запасы детально не разведаны и не утверждены ГКЗ.

ГРАНИТЫ РАПАКИВИ ПИТКЯРАНТСКОГО (САЛМИНСКОГО)
МАССИВА

Питкярантский массив гранитов рапакиви в литературе, называемый также Питкярантско-Туломозерским, или Салминским, расположен на северо-восточном побережье Ладожского озера, в Питкярантском и Олонецком административных районах КАССР. Он вытянут в северо-западном направлении более чем на 100 км при ширине до 40–45 км, располагаясь в полосе сочленения Фенно-Карельского антиклинального поднятия и Восточно-Финляндской синклинальной зоны карелид. Контакты массива во всех случаях являются секущими по отношению к структурам вмещающих пород. Формирование интрузий рапакиви на южной окраине Балтийского щита по А.А. Полканову [66] было связано с заложением субширотного флексуального перегиба и разрывных нарушений в зоне сочленения Русской плиты и Балтийского щита при интенсивном поднятии последнего.

По результатам петрологических исследований Л.П. Свириденко [81] пришла к выводу, что Питкярантский массив представляет собой сложную многофазную интрузию, причем каждая фаза характеризуется особой разновидностью пород, отличающейся по структурным, минералогическим и петрохимическим признакам. Выделены следующие разновидности пород, соответствующие фазам (от ранних к поздним): I – выборгиты – крупноовоидные граниты; II – равномернозернистый биотитовый гранит; III – питерлит – крупнопорфировые граниты; IV – неравномернозернистые, трахитоидные

и аплитовидные граниты; У – крупноовоидные граниты с мелкозернистой основной массой.

В результате многолетних исследований Р.А. Хазов [94] пришел к выводу, что формирование интрузий рапакиви относится к заключительному (постороженному) этапу среднепротерозойского магматизма, причем достаточно достоверно в пределах северной (обнаженной) части массива можно выделить только три фазы:

1. Крупноовоидные и крупнопорфировые рапакиви (I, III, V фазы по Л.П. Свириденко).
2. Среднезернистые и равномернозернистые биотитовые граниты (II фаза по Л.П. Свириденко).
3. Мелкозернистые порфировидные, трахитоидные, иногда аплитовидные и пегматоидные разновидности (У фаза по Л.П. Свириденко). С рапакиви генетически связываются также мелкозернистые альбитизированные граниты, слагающие небольшие обособленные тела в полосе, примыкающей к западному контакту Питкярантского массива. Жильные образования, связанные с гранитами рапакиви, представлены аплитами, пегматитами и кварцевыми жилами.

Формирование интрузии гранитов рапакиви сопровождалось воздействием на вмещающие породы: ороговикованием сланцев, формированием скарнов в карбонатных породах. Кварцевый и щелочной метасоматозы, очевидно, следовавшие за интрузией рапакиви, обусловили грейзенизацию постлажджских гранитов в экзоконтактах, формирование альбитовых апогранитов [94].

Определения абсолютного возраста гранитов рапакиви, выполненные по пробам, отобранным Р.А. Хазовым, показали (в млн. лет): для крупноовоидных разновидностей – 1650, для равномернозернистых биотитовых гранитов – 1530, для неравномернозернистых гранитов – 1450 и для альбитизированных гранитов из экзоконтакта – 1422. Определения К-Аг методом возраста пород салминской свиты, залегающих на коре выветривания гранитов рапакиви, дали 1350 млн. лет [29].

В качестве возможных источников полевошпатового сырья изучались указанные выше три разновидности крупноовоидных, крупнопорфировых гранитов рапакиви и две безовоидных [57].

Крупноовоидные порфировидные граниты рапакиви распространены наиболее широко и слагают южную, юго-восточную и центральную части массива. Для этих пород характерно присутствие крупных округлых или призматических зерен калиевого полевого шпата размером от 1х1.5 см до 4х6 см, расположенных в более мелкозернистой основной массе, состоящей из кварца, полевых шпатов и биотита. Зерна калишпата обычно имеют сплошную или прерывистую оболочку из плагиоклаза („выборгиты“).

В центральной части массива (в среднем течении р. Уксу) распространены крупнопорфировые породы, в которых слабо развиты или полностью отсутствуют плагиоклазовые оболочки вокруг полевошпатовых зерен, т.е. они соответствуют разновидности „питерлит“ (III фаза по Л.П. Свириденко).

Именно эта разновидность и была признана одной из наиболее перспективных для получения полевошпатовых концентратов.

Крупноовоидные рапакиви с мелкозернистой основной массой, наблюдаемые на разобренных участках (У фаза по Л.П. Свирденко), в общем аналогичны выборгитам (I фаза). Они отличаются лишь существенно меньшим количеством полевошпатовых овоидов при резком преобладании мелкозернистой массы. Для них характерно также несколько повышенное количество темноцветных минералов.

Равномернозернистые биотитовые граниты (II фаза) слагают всю северную часть массива на площади более 150 км². Характерной особенностью их является отсутствие крупных порфировых выделений калишпата, широкое развитие идиоморфных зерен черного кварца, ксеноморфного биотита двух генераций и наличие минерологических пустоток, размером от нескольких миллиметров до десятков сантиметров в наибольшем измерении. В пустотках развиваются хорошо ограненные кристаллы черного кварца (мармон), а также акцессорных минералов: граната, флюорита, топаза, берилла, касситерита.

Неравномернозернистые биотитовые граниты слагают обособленные участки преимущественно в западной части Питкярантского массива. Особенностью пород этой фазы является большое разнообразие структурных разновидностей (порфировидные, с мелкими таблитчатыми зернами полевых шпатов в аплитовидной основной массе, трахитоидные и пегматоидные). Среди пород этой фазы встречены как существенно калишпатовые, так и интенсивно альбитизированные разновидности.

По минеральному составу все разновидности гранитов рапакиви являются существенно калишпатовыми лейкократовыми породами, состоящими на 45-65% из зерен ортоклаз-пертита, 15-25% плагиоклаза и 15-35% кварца. В крупноовоидных гранитах характерно развитие биотита двух генераций, а также более или менее значительного количества роговой обманки (особенно в приконтактных частях).

В безовоидных разновидностях из темноцветных минералов содержится только биотит, составляющий 2-3%, изредка до 6%. В гранитах рапакиви II фазы отмечается относительно повышенное количество магнетита, в зоне выветривания замещающегося гематитом.

По химическому составу все разновидности рапакиви (за исключением интенсивно альбитизированных) богаты щелочами, со значительным преобладанием калия над натрием, несколько пониженным содержанием окислов кальция и магния. Для рапакиви массива в целом характерно почти полное отсутствие ксенолитов вмещающих пород, слабое развитие явлений контаминации, охватывающих только приконтактные зоны; процессы альбитизации и окварцевания проявились преимущественно в западной части массива, в пределах развития неравномернозернистых гранитов и почти совершенно не захватывают пород других фаз.

Все эти особенности являются положительными факторами с точки зрения оценки рапакиви как возможного источника калиевого

кварцполевошпатового и полевошпатового сырья для фарфоро-фаянсовой и электроизоляционной промышленности; однако во всех разновидностях рапакиви присутствуют красящие окислы в количествах от 1.5 до 5.5%, поэтому без обогащения эти породы для указанных целей непригодны.

Опыты по обогащению рапакиви выполнены в лаборатории „Гипронинеметаллоруд“ Т.Г. Прокопьевой [67]. Для исследований были отобраны технологические пробы весом 10–15 кг, представляющие все разновидности (кроме жильных фаций). По данным петрографического и минералогического изучения рапакиви и с учетом полученных результатов по электромагнитному флотационному обогащению пород сделаны следующие выводы.

1. Все разновидности рапакиви, представленные пробами, могут быть обогащены методом электромагнитной сепарации в комбинации с флотацией и обеспечить получение кварц-полевошпатовых концентратов с содержанием красящих окислов 0.15–0.25% при выходе концентратов от 55 до 70%.

2. Наиболее перспективными, относительно легко обогатимыми породами являются крупнопорфировая разновидность рапакиви типа питерлита и неравномернозернистые граниты на участках со слабыми проявлениями альбитизации.

3. Крупноовоидные рапакиви типа выборгита, а также биотитовые граниты II фазы являются более труднообогатимыми породами, так как полевошпатовые зерна в них содержат относительно большее количество включений темноцветных минералов, а также плагиоклаза и кварца.

По сумме факторов с учетом местоположения и транспортных условий наиболее перспективными признаны участки Уксу и Юка-Коски.

Участок Уксу. Участок расположен на правом берегу р. Уксуньеки, в 10 км от устья. Он соединен проселочными дорогами с рудником Лупикко и хутором Уксу, расположенным на шоссе на дороге Питкяранта–Олонек.

Территория участка представляет собой серию обнаженных скалистых холмов, расчлененных узкими долинами, где коренные породы перекрыты глыбовыми делювиальными образованиями, либо перекрытой мореной. На обнаженных плоских холмах рапакиви покрыты 2–5-сантиметровой темно-бурой корочкой; здесь все минералы обволакиваются пленками гидроокислов железа.

Правышения холмов над уровнем реки достигают 25–30 м. В юго-восточной части участка, в основании одного из холмов расположен небольшой карьер, из которого добывались рапакиви на строительный камень. Из этого карьера и была отобрана валовая проба весом 1.5 т для последующих технологических исследований.

На участке развиты крупнопорфировые породы от ярко-розового до сургучно-красного цвета. Порфировые зерна размером до 2х3 см имеют преимущественно призматическую форму, представлены они ортоклазом без плагиоклазовых оболочек, но с большим количеством пертитовых вростков альбита. Часты гранофировые

срастания калишпата с кварцем. Содержание порфировых зерен калишпата колеблется незначительно, составляя в среднем 25–30% от объема породы. Основная масса состоит из более мелких зерен (0,2–0,5 см) калишпата, плагиоклаза и темного кварца. Железосодержащими минералами являются биотит, составляющий 2–3%, роговая обманка (до 0,5%), титано-магнетит в виде мелкой вкрапленности (преимущественно в биотите), а также гидроокислы железа, развивающиеся по трещинам в минералах.

Крупнопорфировые породы (питерлиты) секутся жилами мелкозернистого гранит-порфира мощностью до 20–30 см, имеющего в общем тот же состав, что и основная масса пород, и не влияющего на их качество.

Химический состав пород участка представляется достаточно выдержанным (табл. 16). Для них характерно содержание щелочных окислов в пределах 7,5–8,5% при калиевом модуле 1,85, относительно небольшое количество окислов кальция и магния (в сумме менее 1,50%) и несколько меньше в сравнении с другими разновидностями содержание окислов железа и титана (в сумме 1,85–2,5%).

Минералогическое изучение пород и химический анализ мономинеральных фракций привели к выводу, что для полевых шпатов характерно низкое содержание в составе кристаллической решетки окислов железа, а биотит и роговая обманка, наоборот, характеризуются аномально высокой железистостью, что связано со своеобразными физико-химическими условиями кристаллизации расплава гранита рапакиви [81]. Однако быстрая кристаллизация крупных полевошпатовых зерен в условиях неустойчивой равновесной системы обусловила „захват“ ими ранее выкристаллизовавшихся минералов, в частности биотита, роговой обманки, магнетита и других аксессуаров.

Главной задачей технологических исследований явилось выяснение возможностей удаления железосодержащих минералов принятым в отечественной промышленности методами (сухая и мокрая электромагнитная сепарация, флотация и их комбинация). Результаты опытов сухой и мокрой электромагнитной сепарации на полупромышленных установках различных типов показали, что этот метод малоэффективен.

Наилучшие показатели получены при обогащении методом сухой электромагнитной сепарации обеспыленного материала на классах крупности 0,25–0,5 мм при напряженности магнитного поля 18–20 тыс. эрстед.

Концентраты, полученные в количестве 57,0–74,1%, содержали в сумме окислов железа и титана 0,40%. Спек из концентрата имел светло-серый цвет и мелкую мушку, что свидетельствует о невысоком качестве концентрата.

В результате многочисленных флотационных опытов была разработана схема, предусматривающая измельчение до 0,074 мм (70%), дешламирование по фракции 10 мк и флотацию в щелочной среде в замкнутом цикле с применением дистиллированного талло-

Т а б л и ц а 16

Химический состав (в вес. %) гранитов, рапакиви перспективных участков ¹

Компоненты	Укса			Юка-Коски (средний по 19 про- бам)
	средний по 5 анализам	технологи- ческая про- ба (1.5 т)	концентрат	
SiO ₂	73.0	72.93	77.08	74.21
TiO ₂	0.22	0.55	нет	0.24
Al ₂ O ₃	13.42	13.06	11.85	12.24
Fe ₂ O ₃	0.88	2.70	0.19	1.04
FeO	1.83	0.50	-	1.47
MnO	0.04	-	-	0.04
MgO	0.32	0.06	0.33	0.24
CaO	0.91	1.40	1.19	0.61
Na ₂ O	2.78	2.96	3.22	2.78
K ₂ O	5.20	4.80	5.91	5.50
H ₂ O [±]	0.26	0.40	-	0.30
П.п.п.	0.78	0.70	0.28	0.66
Сумма	99.65	100.06	-	99.66
K ₂ O + Na ₂ O	7.98	7.76	9.12	8.28
K ₂ O : Na ₂ O	1.87	1.7	1.85	2.0

вого масла в качестве собирателя. Расход соды составил 300–400 г/т, таллового масла – 2.5 кг/т. Полученные концентраты подвергаются контрольной перемешке методом сухой электромагнитной сепарации.

В результате был получен кварц-полевошпатовый концентрат (65% от исходного) с содержанием окислов железа и титана в сумме 0.19%. Спеси из концентратов имели белый цвет без мушки. Концентраты содержали около 30% кварца, а калиевый модуль был

¹ Анализы химической лаборатории Института геологии Карельского филиала АН СССР.

лишь 1.85, что ограничивает возможность их использования для производства высоковольтных электроизоляторов. Опыты по получению бескварцевого полевошпатового концентрата и повышения в последнем калиевого модуля были выполнены на лабораторных установках по той же пробе.

В результате коллективно-селективной флотации вначале в кислой среде катионным собирателем АНП с применением в качестве депрессора кварца втористоводородной кислоты, затем в щелочной среде в присутствии октодециламина были получены: 1) калишпатовый концентрат (выход 17%) с суммой щелочей 13.9% и калиевым модулем 2.4; 2) плагиоклазовый концентрат (выход 29%) с содержанием щелочей 13.2% при калиевом модуле 1.5; 3) кварцевый концентрат (выход около 15%). Содержание окислов железа в концентратах 0.15–0.17%.

При совершенствовании методов обогащения, очевидно, возможно улучшение технических показателей, что подтверждено исследованиями И.Н. Архангельской [4] по обогатимости рапакиви Выборгского массива (трахитоидная разновидность рапакиви участка Ала-Носкуа).

Для выяснения пригодности полученных кварц-полевошпатовых концентратов из рапакиви как сырья для электротехнического фарфора, в институте НИИЭлектрокерамика были проведены технологические испытания. Химический состав испытанных концентратов приведен в табл. 16.

Фарфоровая масса для исследований была изготовлена по рецепту массы высоковольтного изоляторного фарфора завода „Пролетарий“. Состав массы следующий: каолин просьяновский 14%, каолин кыштымский 14%, глина часоваярская 17%, кварцевый песок лужский 10%, череп фарфоровый 5%; концентрат из рапакиви 40%. Изготовленные образцы высоковольтного изоляторного фарфора были испытаны в соответствии с требованиями отраслевой нормали ОИИ 643.000–62. Результаты испытаний свидетельствуют о том, что образцы, изготовленные с применением концентратов из гранитов рапакиви, по всем показателям соответствуют установленным требованиям, кроме показателя пробивной напряженности.

Относительно низкий показатель пробивной напряженности объясняется тем, что масса для изготовления опытных образцов не была вакуумирована, что снизило этот показатель на 15–20%.

По приведенным данным можно сделать вывод, что граниты рапакиви участка Уксу имеют удовлетворительную обогатимость, обеспечивая получение кварц-полевошпатовых концентратов с калиевым модулем 1.85, суммой щелочей выше I сорта, которые пригодны для производства хозяйственной фарфоровой и фаянсовой посуды, а при соответствующей технологии и для производства высоковольтного изоляторного фарфора.

При усложнении технологической схемы обогащения могут быть получены полевошпатовые концентраты с калиевым модулем

2.3-2.4, полностью отвечающие требованиям на полевошпатовое сырье I сорта ГОСТ 7030-75.

Запасы рапакиви типа питеклит на участке Уксу до уровня р. Уксуньеки по ориентировочному подсчету составляют не менее 20 млн. т. Горно-технические условия благоприятны для разработки гранитов открытым карьером.

Участок Юка-Коски. Этот участок расположен на левом берегу реки Уксуньеки вблизи водопада Юка-Коски в 3-3.5 км выше участка Укса. До железной и шоссейной дорог по прямой 8 км.

Участок представляет собой плоский холм с превышением над уровнем реки на 12-15 м. Холм вытянут в широтном направлении на 1.5 км при ширине 0.5-0.6 км. Поверхность холма почти полностью обнажена, склоны покрыты маломощным (0.5-1.5 м) слоем песчано-глинистых отложений с дресвой, гравием и валунами. Кора выветривания на обнаженной поверхности гранитов составляет 1-3 см.

Участок сложен несколькими структурными разновидностями безовоидных рапакиви. Здесь можно выделить мелкозернистые аплитовидные граниты с редкими таблитчатыми кристаллами ортоклаза, трахитоидные граниты, неравномерно-крупнозернистые пегматоидные граниты ярко-розового до сургучно-красного цвета. Несмотря на разнообразие структурных разновидностей, породы характеризуются выдержанным составом. Содержание щелочных окислов в сумме здесь колеблется от 7.65 до 8.67%, калиевый модуль от 1.86 до 2.37, сумма щелочноземельных окислов устойчиво ниже 1.0%. Средний состав рапакиви участка Юка-Коски по пробам, отобраным по трем профилям, расположенным через 225 м один от другого, приведен в табл. 16.

Как уже указывалось выше, лабораторные опыты по обогащению рапакиви показали, что эта разновидность (породы IV фазы по Л.П. Свириденко) является хорошо обогащаемой, обеспечивающей получение кварц-полевошпатовых концентратов с содержанием окислов железа 0.15%.

Таким образом, можно сделать вывод, что участок Юка-Коски наряду с участком Уксу является перспективным источником кварц-полевошпатового сырья. Запасы рапакиви по участку до уровня реки составляют не менее 10 млн. т и могут быть в несколько раз увеличены.

Поисково-опробовательские работы, начатые Карельской геологической экспедицией (А.А. Мустонен) в 1965 г., в общем подтвердили наши данные о качестве рапакиви указанных участков. Однако эти работы из-за сокращения ассигнований были прекращены. В дальнейшем поиски и разведка на рапакиви были перенесены на Выборгский массив, где наиболее перспективным признан участок Ала-Носкуа, представленный безовоидными рапакиви, аналогичными породам участка Юка-Коски. Именно из пород этой разновидности и были получены высококачественные полевошпатовые концентраты [4].

КВАРЦЕВЫЕ ПОРФИРЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РОЗА ЛАМБИ

Кислые вулканогенные образования слагают мощные толщи среди нижнепротерозойских (лопских и сумийских) комплексов в пределах всех синклинальных структур карелид, но ни одного детально разведанного месторождения полевошпатового сырья здесь пока не подготовлено. По большинству участков их развития (Гимолы, Большозеро, Соколозеро, Надвоицы и др.) имеются лишь единичные химические анализы, показывающие, что среди них распространены как высококалиевые, так и натровые разновидности. Наиболее широко распространенными являются последние. Относительно полнее геологически и технологически изученными являются лишь кварцевые порфиры месторождения Роза Ламби.

Месторождение кварцевых порфиров Роза Ламби расположено в Беломорском административном районе, в 25 км от крупного рабочего поселка и железнодорожной станции Сосновец. В 35 км от месторождения находится районный центр, г. Беломорск, являющийся узловой станцией и морским портом. Здесь имеется хорошо развитая сеть автодорог, в 3–5 км от месторождения проходит автомагистраль Ленинград–Мурманск.

В геологическом строении района месторождения принимают участие комплексы вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований геосинклинального типа, относимых к тунгудской свите нижнего протерозоя. Эти образования слагают синклинальную структуру, известную в литературе под названиями Шуезерской или Лехтинской. Месторождение Роза Ламби расположено на северо-восточном крыле этой структуры.

Кислые вулканогенные породы в пределах Шуезерской структуры впервые были установлены в 1924 г. Д.И. Щербаковым. Позднее они описывались на разных участках этой структуры Н.Г. Судовиковым, В.М. Тимофеевым, М.А. Гиляровой, Л.Я. Харитоновым, К.О. Кратцем, В.И. Робонен и многими другими исследователями [18, 36, 73, 91].

В качестве источника полевошпатового сырья кислые вулканы нами изучаются с 1961 г. [7, 59, 69]. Основанием для этого послужили данные о петрографическом и химическом составе кварцевых порфиров [18], которые свидетельствовали о том, что среди них имеются высококалиевые лейкократовые разновидности, потенциально пригодные для производства высоковольтных электроизоляторов. В 1964 г. в процессе геолого-съемочных работ (начальник партии В.В. Сиваев) на большой площади к северо-западу от Пертозеро закартирована широкая полоса развития кислых вулканитов, среди которых отмечены и лейкократовые разновидности [82].

В 1965 г. сотрудниками СЗТУ (В.П. Хютте) и Института геологии Карельского филиала АН СССР (А.С. Пекки, Т.К. Кулмала) было проведено обследование и опробование кислых вулкано-

генных пород и выделены перспективные участки для постановки дальнейших работ, из которых наиболее перспективный позднее получил название месторождения Роза Ламби (рис. 19). Предварительная разведка этого месторождения проведена в 1966–1970 гг. (А.С. Пекки, Т.К. Кулмала, Ю.И. Белов). Одновременно обследована и опробована полоса развития кислых вулканитов в обрамлении Шуэзерской синклинальной структуры. В результате уточнены некоторые вопросы возрастных взаимоотношений вулканогенных пород и других образований этой территории, а также получены новые данные по составу вулканитов [7].

Участки развития кислых вулканитов почти непрерывной полосой окаймляют Шуэзерскую синклиналь, прослеживаясь по обнажениям на многие десятки километров при ширине от нескольких сотен метров до 3–5 км. Характерной особенностью пород кислого вулканогенного комплекса является почти повсеместное содержание в них порфировых зерен голубовато-серого опаловидного кварца. Стратиграфическое положение кислых вулканитов с голубовато-серым кварцем представляется как наиболее верхняя часть тунгудской свиты нижнего протерозоя. На эродированной поверхности кислых вулканитов (местами с корой выветривания), залегают конгломераты сариолия, относящиеся к среднему протерозою.

Кислые вулканогенные образования с голубоватым кварцем Шуэзерского синклинория рассматривались Н.Г. Судовиковым [88] и М.А. Гиляровой [18, 19] как гипабиссальные интрузии, Л.Я. Харитоновым, С.А. Дюковым и В.В. Сиваевым как толща чередующихся кислых туфов и лавовых покровов. По нашим данным, среди вулканитов могут быть выделены две группы: а) стратифицированные, представленные туфосланцами, туфобрекчиями, лавобрекчиями и массивными темно-серыми кварцевыми порфирами; б) образования жильного типа, представленные лейкократовыми кварцевыми порфирами, залегающие в виде штоков, мощных даек и сложноветвящихся жил. По терминологии В.С. Коптева–Дворникова [34], стратифицированные образования, очевидно, следует считать собственно эффузивной фацией (в основном эксплозивная субфация), а образования жильного типа – субвулканической фацией.

О несомненной генетической связи всех перечисленных пород свидетельствуют некоторые характерные особенности, а именно: а) наличие во всех породах, как уже указывалось, порфировых зерен голубовато-серого опаловидного кварца; б) тесная пространственная взаимосвязь; в) своеобразие химического состава – высокое содержание окислов калия и натрия при резком преобладании первых ($K_2O:Na_2O$ от 3:1 до 50:1) и низкое содержание щелочно-земельных компонентов (обычно в сумме менее единицы); г) вполне аналогичный состав акцессорных минералов.

Кислые вулканогенные породы месторождения Роза Ламби располагаются среди широкого поля развития основных эффузивов, слагая собой среднюю часть небольшой изоклинальной синклинали, осложненной дизъюнктивными нарушениями. В непосредственной

близости от контакта основные эффузивы превращены в зеленые сланцы амфибол-биотитового и амфиболового состава с отдельными пластовыми телами диабазов и андезитовых порфиров. С запада контакт между основными и кислыми вулканитами преимущественно тектонический. Лишь на отдельных небольших участках вскрыты магматические контакты и наблюдалось экзоконтактовое воздействие лейкокатовых кварцевых порфиров на зеленокаменные породы (рис. 19).

Кислые вулканогенные породы в пределах месторождения представлены бурыми и зеленовато-темно-серыми туфосланцами, темно-серыми кварцевыми порфирами и лейкокатовыми кварцевыми порфирами.

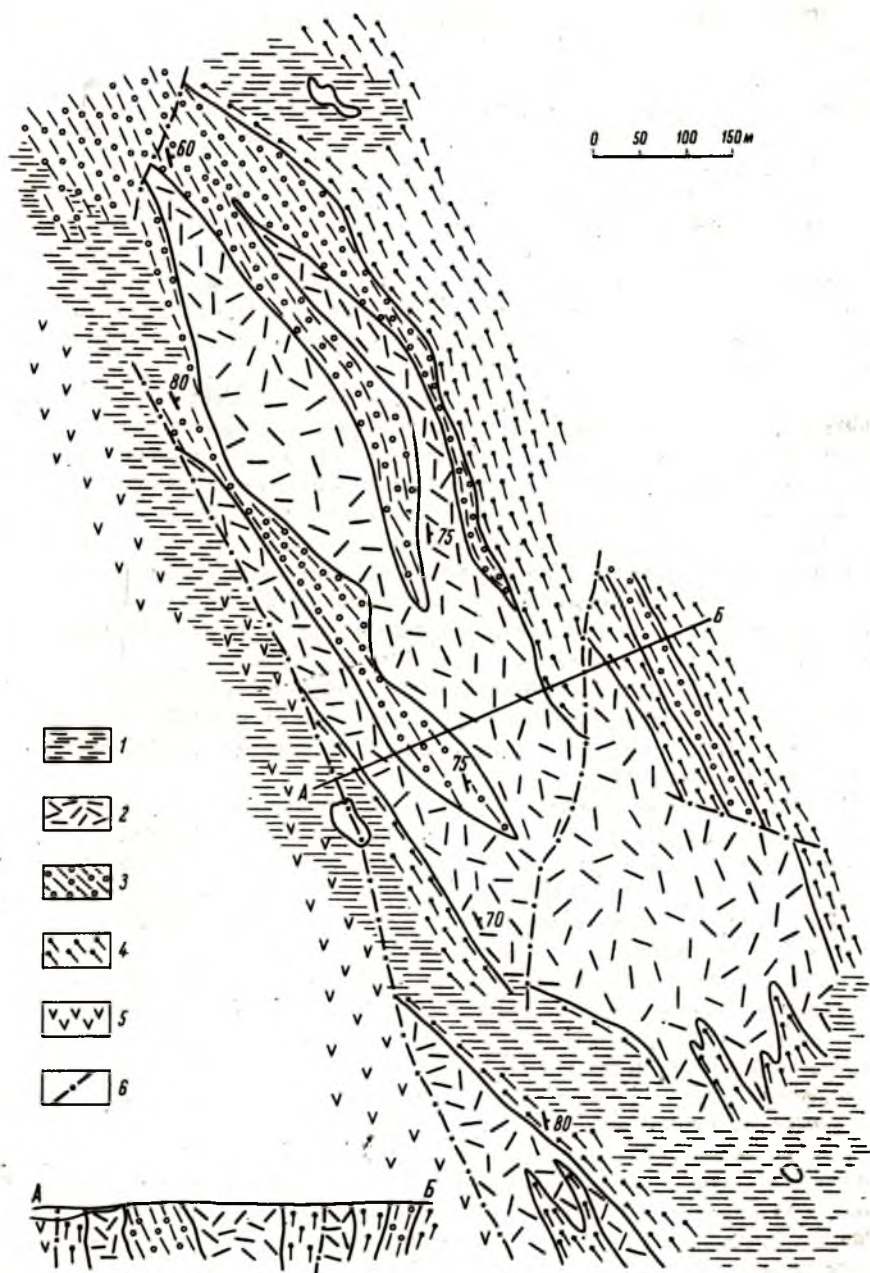
Туфосланцы ограничивают месторождение с востока и северо-востока. Они развиты также в виде разобренных пачек мощностью 30–50 м по юго-западному краю месторождения, разделяя штокообразные тела лейкокатовых кварцевых порфиров. Туфосланцы представляют собой бластопорфировую породу, основная ткань в которой состоит из сплошной буроватой массы мельчайших зерен минералов (калишпат, альбит, биотит, серицит, хлорит, гнездовые скопления карбоната), а порфировые зерна представлены кварцем и микроклином, иногда альбитом. О туфогенной природе этих пород свидетельствуют реликтовая слоистость, скопления раскристаллизованного стекла, кристаллокластов и маломощных горизонтов ляпиллей.

Темно-серые кварцевые порфиры развиты в северо-западной части месторождения. Они фиксируются также среди лейкокатовых в виде линзовидных и пластовых тел мощностью от 3–5 до 75 м, иногда наблюдаются в виде небольших ксенолитов мощностью 15–30 см. Контакты между темно-серыми кварцевыми порфирами и туфосланцами постепенные, неясно выраженные. Между лейкокатовыми и темно-серыми кварцевыми порфирами контакты отчетливые. В северо-восточной части месторождения отмечены автобрекчии.

Темно-серые кварцевые порфиры представляют собой массивные или слабо рассланцованные породы с признаками флюидалности. Они имеют бластопорфировую структуру с лепидогранобластовой структурой основной массы. В составе их содержатся кварц и полевые шпаты в сумме до 90–95%, мелкочешуйчатый биотит и серицит (5–10%). Кроме того, в протолочной пробе установлены единичные зерна эпидота, роговой обманки, циркона, апатита, сфена, гематита, пирита, магнетита и анатаза.

Рис. 19. Схематическая геологическая карта месторождения кварцевых порфиров Роза Ламби. (Составили А.С. Пекки, Т.К. Кулмала и Ю.И. Белов, 1969 г.).

1 – болото; 2 – кварцевый порфир лейкокатовый; 3 – кварцевый порфир темно-серый; 4 – туфосланцы; 5 – диабазы; 6 – тектонические нарушения.



Лейкократовые кварцевые порфиры в пределах месторождения образуют два штокообразных тела, разделенных пачкой туфосланцев. Юго-западный шток установлен по единичным обнажениям и совершенно не оконтурен, а на северо-восточном пройдены гордые выработки и скважины колонкового бурения, показавшие, что на глубину до 70 м состав кварцевых порфиров не меняется.

Лейкократовые кварцевые порфиры, имеющие на выветрелой поверхности совершенно белый цвет и фарфоровидный облик, на свежем изломе представляют собой светло-розовую, розовато-серую, зеленовато-розовато-серую окраску. Они имеют массивную, либо в той или иной мере рассланцованную текстуру. На отдельных локальных участках кварцевый порфир превращен в тонколистоватый серицитовый совершенно белый сланец.

Под микроскопом лейкократовые кварцевые порфиры характеризуются бластопорфировой структурой с микрогранобластовой, лепидогранобластовой, иногда сферолитовой структурой основной массы. Среди вкрапленников преобладающими являются кварцевые, состоящие из волнистогаснущих одиночных, либо агрегатов нескольких как бы оплавленных зерен диаметром 1–3 мм. Вкрапленники микроклина, в отличие от кварцевых невидимые макроскопически, под микроскопом обнаруживаются в виде идиоморфных зерен с грубой двойниковой решеткой. Иногда зерна микроклина развалышнованы, более или менее замещены альбитом и серицитом.

В основной массе устанавливается 35–50% кварца, 40–50% калишпата, до 5–10% серицита и 1–3% биотита. В протолочной пробе установлены такие же аксессуарные минералы, как и в темно-серых разновидностях.

Для кварцевых порфиров характерны многочисленные проявления окварцевания (рис. 20), представленные микропрожилками, развивающимися преимущественно согласно общей сланцеватости, мелкими (1–3 см) сложно ветвящимися жилами, относительно мощными (до 50 см) жилами кварца с отдельными обособлениями светло-розового микроклина, а также прямолинейными жилами, „залечивающими“ тонкие трещины и секущие все породы. Химический состав кварцевых порфиров в общем достаточно выдержанный.

Как показали результаты более двухсот определений щелочей методом фотометрии пламени, для всех проб характерно высокое содержание окиси калия и низкое (от десятых долей до 1.5%) содержание окиси натрия.

По данным силикатных анализов (табл. 17) отмечаются значительные колебания в содержании кремнезема по отдельным пробам, что связано с различной степенью окварцованности пород. Однако средний состав пород по скважинам и подсчетным блокам достаточно постоянный.

Характерной особенностью лейкократовых кварцевых порфиров является весьма незначительное количество в них щелочно-земельных окислов, что вполне согласуется с низким содержанием в них плагиоклаза, представленного к тому же альбитом. Содержание

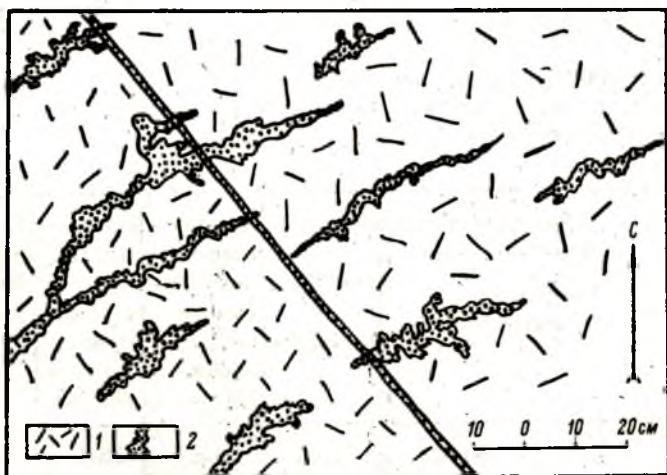


Рис. 20. Кварцевые жилы двух генераций в лейкократовом кварцевом порфире месторождения Роза Ламби.

1 - кварцевый порфир; 2 - жилы кварца.

окислов железа в лейкократовых порфирах обычно ниже 1%, причем наиболее маложелезистыми являются породы южной половины месторождения.

Сопоставляя петрографические, минералогические особенности и химический состав лейкократовых кварцевых порфиров месторождения Роза Ламби и риолитов Сергеевского месторождения, с утвержденными в ГКЗ запасами сырья, можно видеть их полную идентичность. Отличие лишь в несколько повышенном содержании окислов железа в кварцевых порфирах.

Темно-серые кварцевые порфиры по минеральному и химическому составам отличаются от лейкократовых не очень значительно, однако более тонкие сростания биотита с полевыми шпатами обуславливают их худшую обогатимость. Это несомненно связано с различными условиями формирования пород: темно-серые кварцевые порфиры, вероятно, являются фацией текучих лав и туфолав (возможно частично игнимбритами), а лейкократовые - жильной фацией (гипабиссальная интрузия липаритовой магмы).

Лабораторные опыты по обогащению лейкократовых кварцевых порфиров, выполненные в Институте геологии Карельского филиала АН СССР и в Ленинградском горном институте, показали, что методом флотации с электромагнитной перемешкой из них можно получить высококачественные полевошпатовые концентраты с содержанием окислов калия 9.8-12.5%, окислов натрия 0.5-1.5%, красящих окислов - 0.11-0.15%. По качеству эти концентраты соответствуют сырью КПШМ 0.2-20 ГОСТ 7030-75.

Т а б л и ц а 17

Химический состав (в вес. %) лейкократовых кварцевых порфиров и концентратов месторождения Роза Ламби

Компоненты	Кварцевые порфиры		Полупромышленная технологическая проба (10 т)	Полевошпатовый концентрат (выход 45.1%)	Кварцевый концентрат (выход 29.8%)
	Пределы колебаний	среднее по 35 анализам			
SiO_2	71.11 - 80.62	77.80	76.8	73.4	98.8
TiO_2	0.17 - 0.42	0.22	0.22	-	0.02
Al_2O_3	9.70 - 15.06	11.60	11.19	14.4	0.25
Fe_2O_3	0.57 - 1.88	0.95	1.71	0.15	0.008
MnO	0.003 - 0.69	0.01	-	-	-
MgO	Сл. - 0.33	0.17	0.64	0.32	сл.
CaO	Сл. - 0.58	0.17	0.28	0.18	0.04
Na_2O	0.22 - 1.42	0.58	0.68	1.48	0.01
K_2O	6.30 - 10.00	7.40	7.60	11.30	0.08
P_2O_5	-	-	0.03	-	-
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	6.52 - 11.36	7.98	8.28	12.78	-
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	3.1 - 28.6	12.70	11.2	7.6	-

Полупромышленные исследования, выполненные в институте „Механобр“, в общем подтвердили результаты лабораторных опытов. Предложена схема обогащения лейкократовых кварцевых порфиров, согласно которой породы измельчаются до 85% класса - 0.074 мм, обесшламливаются по классу 10 мк, затем подвергаются „слюдяной флотации“ в кислой среде при pH=3-3.5 с катионным собирателем АНП (30+30 г/т). Промпродукт слюдяной флотации доизмельчается до 95% класса - 0.074 мм, после чего выполняется флотация для разделения материала на полевошпатовые и кварцевые продукты с применением фтористо-водородных реагентов. Полученные концентраты подвергаются мокрой магнитной сепарации. Выход полевошпатовых концентратов составляет 45.1%, кварцевых - 29.8% от исходной пробы (табл. 17). Кварцевые концентраты соот-

ветствуют I сорту ГОСТ 7031-54, а полевошпатовые — показателям марки КПШМ ГОСТ 7030-75, за исключением несколько повышенного против нормы, содержания свободного кварца.

Кварцевые порфиры, являющиеся палеотипным аналогом липаритов (риолитов) по своей первичной природе очень постоянны по составу. Основная масса породы в них представляет собой раскристаллизованное стекло, из которого выделились тончайшие зерна калишпата и кварца в тесном срастании. Кроме того, здесь имеются порфиновые зерна голубовато-серого опаловидного кварца, размером 1-3 мм в поперечнике, и более поздний зернистый кварц, образующий жилы нескольких генераций, что уже выше отмечалось. Очевидно, что и порфиновые зерна и жильный зернистый кварц при соответствующей технологии могут быть выделены методом флотации или электростатистики. В концентрате останется только тонкозернистый кварц в тесном срастании с полевым шпатом в количестве до 15-20%. К подобным концентратам из кварцевых порфиров, как и к „фарфоровому камню“, риолитам Сергеевского месторождения и т.п. показатели ГОСТ 7030-75 могут применяться лишь условно. Как известно, любые керамические изделия, в том числе художественный, хозяйственный и электротехнический фарфор, содержат в составе масс до 30-45% своего кварца. Многочисленными исследованиями [2, 3, 16] показано, что отрицательное влияние зерен кварца на прочность керамики сказывается в том случае, если при ожиге они не успевают полностью раствориться в полевошпатовом расплаве (стекле). Тонкое срастание кварца с полевым шпатом, обусловленное раскристаллизацией липаритовой магмы, при нагревании обеспечивает образование гомогенной фазы, что способствует повышению, а не снижению прочности керамических изделий.

Кварц-полевошпатовые концентраты, полученные в „Механобре“ из кварцевых порфиров, испытывались в лабораториях Всесоюзного научно-исследовательского института электрокерамики (ВНИИЭК) в г. Москве. По результатам химического анализа и огневых испытаний они признаны высококачественным сырьем для производства высоковольтного электротехнического фарфора.

Как полевошпатовые, так и кварцевые концентраты из кварцевых порфиров исследованы в ГИКИ. Обжиг керамических масс с применением указанных концентратов в промышленной туннельной печи Ломоносовского фарфорового завода показал, что полученные фарфоровые изделия по белизне и физико-механическим свойствам не уступают фарфору с применением стандартных микроклина и кварца пегматитовых месторождений Чупино-Лоухского района.

Таким образом, ценность лейкократовых кварцевых порфиров как руды для получения высококалийных концентратов с попутным использованием кварцевых концентратов несомненна. Запасы лейкократовых кварцевых порфиров до глубины 30 м по данным предварительной разведки составляют (в млн. т): по категории С₁ — 14.7, в пересчете на концентраты — полевошпатовый — 6.9 и кварцевый — 4.6. Прогнозные запасы лейкократовых кварцевых

порфиров на той же площади при освоении более глубоких горизонтов составляют 32 млн. т. Прирост запасов возможен за счет до-разведки участка не только на глубину, но и за счет разведки юго-западного штока, отделенного от предварительно разведанного участка заболоченной долиной.

Горно-технические условия для добычи кварцевых порфиров открытым карьером благоприятные, так как мощность четвертичных отложений, являющихся вскрышей, составляет менее 0.5 м в среднем. Темно-серые кварцевые порфиры, залегающие внутри лейкократовых, при мощности пластов более 3 м могут отрабатываться селективно и использоваться для производства щебня и бутового камня высокой прочности, а также для производства химически стойкой строительной керамики, где цвет изделий не имеет существенного значения.

Транспортные, энергетические и прочие экономические факторы для освоения месторождения весьма благоприятные.

КИСЛЫЕ ВУЛКАНОГЕННЫЕ ПОРОДЫ КОСТОМУКШИ

Костомукшское месторождение железных руд расположено в Калевальском районе КАССР в 60 км к западу от ст. Юшкозера Западно-Карельской железной дороги.

Это месторождение детально разведано в 1946-1954 гг. и до-разведано в 1971-1975 гг. На его базе начато строительство горно-промышленного комплекса производительностью до 8.5-9.0 млн. т железорудных (магнетитовых) концентратов в год.

Еще в 1961-1962 гг. при исследованиях по выявлению новых источников полевошпатового сырья нами было обращено внимание на возможность утилизации кислых вулканогенных образований, слагающих основную массу вскрышных пород Костомукшского месторождения, в качестве стройматериалов и технологического, в том числе полевошпатового сырья различного назначения [59,60].

Дальнейшие исследования подтвердили, что кислые вулканогенные породы могут быть использованы для производства широкого ассортимента изделий по стекольной и керамической и камнелитейной технологии. Кроме того, физико-механические испытания кислых вулкаников, выполненные при доразведке месторождения Северо-Западным геологическим управлением, показали, что они пригодны для производства щебня в бетоны и на строительный камень.

Костомукшское месторождение железных руд представляет собой синклиналичную структуру осложненную поперечной складчатостью и разрывными нарушениями (рис. 21). Оно относится к Западно-Карельской структурно-фациальной зоне карелид. В геологическом строении его принимает участие сложный комплекс метаморфических образований магматического и осадочного происхождения, относимых к гимольской и большезерской сериям нижнего про-

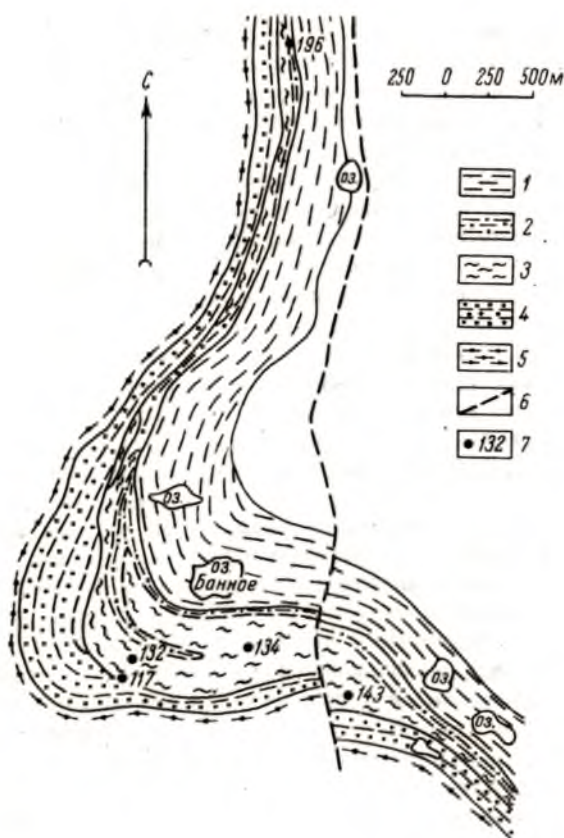


Рис. 21. Схематическая геологическая карта центральной части Костомукшского месторождения. (По В.М. Чернову).

1 - кадиозерская свита (переслаивание пластов магнетитовых кварцитов с кварцево-биотитовыми туфосланцами и талько-хлоритовыми сланцами); 2, 3 - межозерская свита: 2 - кварцево-биотитовые сланцы с линзами магнетитовых кварцитов, 3 - плагиопорфиры, фельзиты, геллефлинты; 4 - костомукшская свита (переслаивание пластов магнетитовых кварцитов с графитистыми, талько-хлоритовыми и др. сланцами); 5 - нижняя толща (амфиболиты, амфиболовые сланцы); 6 - тектонические нарушения; 7 - скважины, опробованные для технологических исследований.

терозоя. Синклиальная структура месторождения с востока и запада ограничивается антиклинальными куполовидными поднятиями, сложенными гранитами условно архейского-нижнепротерозойского возраста [86].

Главное полезное ископаемое месторождения (магнетитовый кварцит) перекрыто мощной пластообразной залежью кислых вулкано-генных пород и толщей осадочно-метаморфических образований (кварц-амфиболовых, кварц-биотитовых, углистых и других сланцев).

Залежь кислых вулканитов прослежена в пределах месторождения на протяжении 14 км. Она имеет на северном участке меридиональное простирание и моноклиналиное падение на восток под углом $70-85^{\circ}$ на Центральном участке; в перегибе синклиналиной структуры падение на северо-восток $60-70^{\circ}$, на южном участке простирание субширотное, с падением на север под углом $50-80^{\circ}$.

Мощность залежи кислых вулканитов достигает на Центральном участке 600 м, сокращаясь на север и юго-восток до 100-200 м, с расщеплением на отдельные межпластовые тела мощностью 20-30 м (и до полного выклинивания).

По структурно-текстурным признакам и составу, обусловленным первичной природой материала и степенью метаморфизма, выделяются следующие разновидности пород: 1) фельзиты, плагиопорфиры, кварцевые кератофиры, объединяемые по традиции под общим названием „натровые геллефлинты“, 2) кварцевые порфиры и ортофиры („калиевые геллефлинты“), 3) кварц-серицитовые и серицито-кварцевые сланцы, 4) лептиты. Кроме перечисленных, имеются всевозможные переходные разновидности.

Закономерности в распределении указанных петрографических разновидностей из-за слабой изученности не установлены, но отмечена определенная тенденция: в северной части преимущественно развиты серицито-кварцевые сланцы и фельзиты, в центральной части преобладают фельзиты, кварцевые кератофиры. Здесь же встречены кварцевые порфиры и ортофиры (калиевые геллефлинты). На южном участке преимущественно развиты плагиопорфиры и лептиты.

Фельзиты представляют собой массивные или слабо рассланцованные породы, афанитовые, иногда кремнеподобные с раковистым изломом, светло-серого, серого и темно-серого цвета. Структура микрогранобластовая, микрогранолепидобластовая. Из-за очень тонкой зернистости (0.01-0.03 мм) содержание минералов определить сложно. По приблизительным подсчетам в породе содержится 50-60% плагиоклаза, 25-40% кварца, до 5-10% калишпата, 3-10% биотита и мусковита, до 5-6% карбоната. Кроме того, установлены апатит, турмалин, магнетит, сфен, сульфиды.

Плагиоклаз, кроме мельчайших зерен основной массы, образует отдельные порфировые кристаллы размером до 0.5-1.2 мм, имеющие лейстовидную форму. Содержание фенокристаллов плагиоклаза колеблется от 3-5 до 30% породы, т.е. имеются все переходы от фельзитов к плагиопорфирам. По многочисленным замерам среди порфировых зерен встречаются альбиты № 2-5 и олигоклаз-альбиты № 12-14. Отдельные зерна имеют зональное строение.

Нередко фельзиты содержат более или менее значительное количество порфировых кварцевых зерен, переходя в кварцевые кератофиры.

Как фельзиты, так и порфиновые разновидности могут переходить в рассланцованные разновидности и — как крайняя степень — в серицито-кварцевые сланцы. При рассланцевании вкрапленники полевого шпата растягиваются, в них, как и в основной массе породы, развивается серицит, при этом разница между фельзитами и плагио-порфирами полностью нивелируется. Породы приобретают светло-серый, желтоватый или совершенно белый цвет, шелковистый блеск. Под микроскопом устанавливается, что в массе сланцев развит тонкозернистый кварц-серицитовый агрегат, возможно, с некоторым количеством каолинита.

Мощность пачек серицито-кварцевых сланцев по керну скважин на Северном участке варьирует от 36.7 до 65.7 м (скважины 188-213 соответственно).

На Центральном участке серицито-кварцевые сланцы встречены в виде редких пачек небольшой мощности и самостоятельного промышленного значения не имеет. Все породы существенно натрового состава при технологических исследованиях объединялись и характеризуются под общим названием „натровые геллефлинты.“

Кварцевые порфиры и ортофиры, объединяемые под названием „калиевые геллефлинты“, отличаются разовато-серым, грязно-розовым и красным цветом. Структура пород варьирует от афанитовой, мелкопорфировой до мелкозернистой гранитной. Вместо плагиоклаза здесь развит калишпат. В толще афанитовых пород отмечаются маломощные (10-15 см) жилы красного микроклинового гранита, имеющего пегматоидную структуру, гнезда молочно-белого кварца, скопления слюды (мусковита и биотита).

Калиевые геллефлинты встречены в скважинах 117 и 116 на Центральном участке. Кроме того, они указываются на юго-восточном и северном участках, но систематическое опробование их там не производилось.

Взаимоотношения между фельзитами и альбитофирами (натровыми геллефлинтами) не выяснены. Возможно, последние представляют собой небольшую межпластовую приповерхностную интрузию типа силла (или серию силлов и даек), генетически связанных с внедрением поздних нижнепротерозойских микроклиновых гранитов.

Лептиты и лептитовые гнейсы, развитые преимущественно на восточном фланге залежи (южном участке), представляют собой мелко- и тонкозернистые кварцитоподобные светло-серые породы полосчатого строения с чередованием прослоев различной структуры. Минеральный состав их практически не отличается от состава альбитофиров, с которыми они имеют все переходы.

На Центральном и Северном участках по керну ряда скважин непосредственно под четвертичными отложениями наблюдались своеобразные белые или светло-серые породы, являющиеся несомненно продуктами выветривания кислых вулканитов. Мощность толщи этих пород по отдельным скважинам колеблется от 2-3 до 10-12 м (скв. 117). Эти породы, рыхлые в верхних горизонтах и более плотные в нижних, участками сохранили реликты полосчатой текс-

туры сланцев. Гранулометрический анализ показал, что в рыхлых породах более 70% приходится на фракцию <0.01 мм, в том числе фракция <0.005 мм составляет около 25%. Термографический анализ показал, что наряду с гидрослюдами здесь присутствуют галлуазит и каолинит. В химическом составе породы существенных изменений не наблюдается, за исключением некоторого уменьшения щелочноземельных окислов и увеличения глинозема. По приведенным данным можно предположить, что здесь фиксируются реликты площадной дочетвертичной (мезозойской?) коры выветривания. Поскольку специальных исследований не проводилось, промышленное значение этого явления пока не ясно.

Химический состав кислых вулканогенных пород месторождения приведен в табл. 18.

По своим петрохимическим особенностям все породы, объединяемые под названием „натровые геллефлинты“, в общем соответствуют составу эффузивных аналогов плагиогранитов, отличаясь несколько повышенным содержанием глинозема. При метаморфизме (с образованием серицитовых сланцев), в них заметно снижается содержание натрия, кальция и железа, и как крайняя степень – возможно почти полный вынос этих элементов, но накапливаются кремнезем, глинозем и отчасти калий. Калиевые геллефлинты по составу соответствуют эффузивным аналогам щелочных гранитов – щелочных сиенитов.

Минеральный и химический составы натровых и калиевых геллефлинтов свидетельствуют о возможности применения их в качестве кварц-полевошпатового сырья.

Калиевые геллефлинты в основном удовлетворяют требованиям ГОСТа 7030-75 на кварц-полевошпатовое сырье для фарфоровой хозяйственной посуды и высоковольтных электроизоляторов, но нуждаются в обогащении по обезжелезиванию.

В результате лабораторных исследований обогатимости калиевых геллефлинтов разработана технологическая схема, предусматривающая стадийное измельчение пород до фракции $80\% < 0.071$ мм, обесшламливание по фракции 15 мкм, мокрое магнитное обогащение и флотацию в слабощелочной среде смесью реагентов анионного и катионного типа. По этой схеме при расходе таллового масла 1000 г/т и АНП – 200 г/т получены концентраты в количестве 51.91%, содержащие Fe_2O_3 – 0.18%, $K_2O + Na_2O$ – 12.76%, $K_2O : Na_2O$ выше 10.

Полученные концентраты по заключению ВНИИЭК признаны пригодными в качестве сырья для керамических масс при производстве высоковольтного электротехнического фарфора, а по заключению ГИКИ – хозяйственного фарфора 1 сорта ОСТ 17-84-71.

Технологические исследования натровых геллефлинтов, выполненные в „НИИстройкерамика“ показали возможность их использования без обогащения в качестве флюсующего компонента для производства керамических плиток и канализационных труб.

Т а б л и ц а 18

Химический состав (в вес. %) кислых вулканогенных пород надрудной толщи Костомукшского месторождения

Компо- ненты	Натровые геллефлинты		Калиевые геллефлин- ты	Кварц-серицитовые сланцы	
	скв. 132 (среднее по 9 ан.)	скв. 143 (среднее по 7 ан.)	скв. 117 (среднее по 4 ан.)	скв. 208 (среднее по 2 ан.)	скв. 213 (1 ан.)
SiO_2	69.59	69.00	68.63	74.55	71.04
TiO_2	0.09	0.05	0.03	0.19	0.19
Al_2O_3	17.69	17.29	14.15	19.64	21.91
Fe_2O_3	0.58	0.64	0.98	0.10	0.20
FeO	0.81	0.94	1.44	-	-
MgO	0.79	0.82	0.69	0.50	0.74
CaO	2.86	3.13	1.21	0.40	0.98
Na_2O_3	5.34	5.91	1.88	0.12	0.31
K_2O	1.25	1.09	9.87	2.15	2.22
H_2O^+	0.16	0.11	0.11	0.05	0.12
П.п.п.	0.88	1.21	1.20	1.96	1.79
Сумма	100.09	100.19	100.19	99.66	99.50
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	6.59	6.61	11.75	2.27	2.53
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$	0.23	0.15	5.2	18	7.1

По результатам испытаний в ГИСе натровые геллефлинты без обогащения пригодны для производства темноцветной стеклотары, а концентраты из них - для полубелой стеклотары и для использования в качестве алюмосодержащего сырья при производстве листового стекла.

Натровые геллефлинты по результатам лабораторного изучения трех проб представляются более легко обогатимыми породами в сравнении с калиевыми. По схеме, аналогичной вышеприведенной, при pH 7.5-8, расходе таллового масла 100 г/т и АНП - 100 г/т получены концентраты, содержащие Fe_2O_3 - 0.05-0.1%, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ - 5.79-7.12% и $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ - 0.2. Концентраты из натровых геллефлинтов

по чистоте не уступают лучшему плагиоклазовому сырью (заключение ГИКИ), добываемому из пегматитовых жил. Несмотря на несоответствие показателей химического состава требованиям технических условий на плагиоклазовые пегматиты, прямые керамические испытания показали, что эти концентраты пригодны для использования в производстве хозяйственной посуды, обеспечивая получение глазурованного фарфора по белизне и просвечиваемости выше, чем на плагиоклазе, и даже лучше, чем на микроклине месторождения Хетоламбино, являющихся эталонными.

Запасы кислых вулканитов до глубин 100 м только на Центральном участке Костомукшского месторождения составляют по категориям $C_1 + C_2$ 250 млн. т. Преобладающая часть из них относится к натровым геллефлинтам. Запасы калиевых геллефлинтов и кварц серицитовых сланцев не ясны, но могут составить по несколько миллионов тонн каждой разновидности.

Основные направления дальнейших работ по изучению вскрышных кислых вулканогенных пород Костомукшского железорудного месторождения представляются следующими.

1. Выяснение закономерностей распространения отдельных генетических типов пород в пределах месторождения и железорудного района.

2. Технологическое изучение выделенных типов пород с точки зрения обогатимости методами электромагнитной сепарации, флотации, электростатистики и др. с целью разработки рациональных схем и получения высококачественных концентратов различного промышленного назначения;

3. Полупроизводственные испытания геллефлинтов и концентратов из них в качестве стекольного, камнелитейного и керамического сырья различного назначения.

4. Техничко-экономические расчеты по обоснованию рационального комплексного использования вскрышных пород в различных отраслях народного хозяйства страны.

Месторождения Карелии, как было показано выше, характеризуются весьма крупными запасами кварц-полевошпатового сырья. Однако мощности действующих горнодобывающих и перерабатывающих предприятий не могут удовлетворить быстро растущих потребностей страны в высококачественном сырье, особенно в сырье калиевого состава, применяемого для производства хозяйственного и электротехнического фарфора.

По сочетанию различных геологопромышленных показателей (запасам и качеству сырья, горнотехническим и экономическим условиям разработки) наиболее перспективной базой для строительства нового предприятия представляется месторождение кварцевых порфиров Роза Ламби. О высокой эффективности его освоения свидетельствуют сравнительные расчетные по ряду конкурирующих месторождений, разведанных в качестве сырьевых баз для строительства новых горнодобывающих предприятий (табл. 19). В технико-экономических расчетах, выполненных институтом „Гипронинеметаллоруд“, на базе месторождения кварцевых порфиров Роза Ламби предусматривается открытие карьера и строительство в районе железнодорожной станции Сосновец обогатительной фабрики мощностью 100 тыс. т высококалийных концентратов.

На базе месторождения Куруваара, принят вариант с отработкой жил мощностью не менее 2 м единым карьером и строительство помольно-обогатительной фабрики в пос. Ена. Для повышения экономических показателей, кроме производства дефицитных микроклиновых концентратов, на этой фабрике предусматривается производство кварц-полевошпатового сырья калий-натрового состава для керамических масс и стекльной промышленности, хотя продукция аналогичного состава выпускается, как уже указывалось, на других предприятиях, в том числе из отходов обогащения рудных полезных ископаемых по более низкой себестоимости. Кроме того, здесь предусмотрена добыча и поставка кускового пегматита ТУ 21-25-67-70 для Чупинской ПОФ.

На базе месторождения Ала-Носкуа предусматривается получение полевошпатового концентрата только II сорта, потребность в котором ограничена и определена всего в 30 тыс. т.

Т а б л и ц а 19

Сравнительные технико-экономические показатели
по месторождению Роза Ламби
и конкурирующим сырьевым базам

№№ пп	Показатели	Месторождения			
		Роза Ламби	Курува- ара	Ала- Носкуа	Дубров- ское
1	Геолого-промыш- ленный тип месторождения	Кварцевые порфиры	Гранитные пегматиты дифферен- цирован- ные	Граниты рапакиви	Щелочные каолины
2	Запасы руды ($B + C_1 + C_2$) (млн. т)	45	18.7	47	15.5
3	Средний коэффи- циент вскры- ши (m^3/m^3)	0.05	4.8	0.15	1.23
4	Годовая произ- водительность по микрокли- новому кон- центрату (тыс. т)	100	69	30	30
5	Качество мик- роклинного концентрата: содержание (в %): Fe_2O_3	0.15	0.15	0.22	0.11
	$CaO + MgO$	0.5	2.0	0.3	0.6
	$K_2O + Na_2O$	12.7	12.5	15.2	14.5
	$K_2O : Na_2O$	6.7	2.2	4.2	6.0
6	Выход концен- трата из ру- ды (в %): микроклино- вого	45	20	32	15

Т а б л и ц а 19 (продолжение)

№№ пп	Показатели	Месторождения			
		Роза Ламби	Курува- ара	Ала- Носкуа	Дубров- ское
6	Выход концен- трата из ру- ды (в %): плагиоклазо- вого кварцевого каолинового	- 25 -	30 20 -	17 20 -	- 30 28.5
7	Капиталовложе- ния на стро- ительство ГОК. (млн. руб.)	14.7	24.3	6.6	8.9
8	Себестоимость годовой про- дукции (млн. руб.)	5.08	7.8	1.98	4.4
9	Себестоимость 1 т микро- клинового концентрата (руб.)	50.48	62.50	65.56	138.48
10	Оптовая цена 1 т микро- клинового концентрата (руб.)	141	141	129.80	141
11	Прибыль с 1 т микроклино- вого концен- трата (руб.)	90.52	78.50	69.24	2.52
12	Валовая стои- мость годо- вой продук- ции (млн. руб.)	14.2	18.5	3.9	4.52
13	Валовая стои- мость годо- вого произ- водства мик- роклинового концентрата (млн. руб.)	14.1	9.03	3.8	4.2

Т а б л и ц а 19 (продолжение)

№№ пп	Показатели	Месторождения			
		Роза Ламби	Курува- ара	Ала- Носкуа	Дубров- ское
14	Доля основной продукции (микроклино- вого концен- трата) во всей продук- ции (в %)	99	48	99	98
15	Годовая прибыль от реализации всей продук- ции (млн. руб.)	9.1	10.64	1.92	0.12
16	Срок окупаемос- ти капиталов- ложений при- былью (год)	1.6	2.3	3.3	87

На базе щелочных каолинов месторождения Дубровского из-за невысокого выхода микроклинового концентрата годовая мощность предприятия также ограничена и принята в 30 тыс. т. При этом попутно намечается получение кварцевого песка 85 тыс. т и каолиновых концентратов, в том числе II сорта 28.5 тыс. т и III сорта 66.5 тыс. т. Из перечисленной продукции полностью намечается реализовать только полевой шпат, а также 20 тыс. т каолинового концентрата II сорта. Как видно из приведенных данных, месторождение Роза Ламби является наиболее эффективной сырьевой базой из разведанных и оцененных в настоящее время объектов для строительства нового горнорудного предприятия. Решающие технико-экономические параметры этого месторождения, такие как годовое производство наиболее ценной и дефицитной в стране продукции - микроклинового концентрата, рентабельность и сроки окупаемости капитальных вложений, значительно выше, чем по другим месторождениям. Капитальные вложения на строительство комбината на базе месторождения Роза Ламби (табл. 19) могут быть еще снижены за счет сокращения жилищного строительства и объектов культурно-бытового назначения. В настоящее время сложились условия, при которых кадры горного предприятия могут быть укомплектованы в основном из состава рабочих, освобождающихся в связи с сокращением лесозаготовок в этом районе и проживающих в поселке Сосновец в благоустроенных квартирах. Преимуществом месторож-

дения Роза Ламби по сравнению с Куруваара является также более выгодные транспортные условия, так как оно на 500 км ближе к потребителям и экономия транспортных расходов может составить до 2,5 руб. на каждой тонне продукции.

Кроме месторождения пегматитов Хетоламбино и кварцевых порфиров Роза Ламби, как это видно из приведенных выше материалов, в Карелии имеется еще целый ряд крупных и весьма эффективных для промышленного освоения месторождений, разведка и оценка которых в настоящее время еще не закончена. К ним относятся рапакиви Питкярантского массива, кислые вулканиты Костомукши, пегматиты Слюдяного Бора, Кюрьяла и др.

Данные о запасах и качестве сырья, горнотехнических и экономических условиях освоения этих месторождений свидетельствуют о том, что Карелия как в ближайшем, так и в отдаленном будущем будет служить одним из главных поставщиков полевошпатового, в том числе высококалийного сырья, для центральных и северо-западных областей Российской Федерации и Прибалтийских республик.

Дальнейшие исследования по развитию и совершенствованию сырьевой базы полевошпатовой промышленности Карелии необходимо продолжить в следующих направлениях:

1. Выявление закономерностей распространения богатых микроклином керамических пегматитов, обеспечивающих добычу сырья для Чупинской ПОФ и высококачественного полевого шпата для керамических глазурей.

2. Выявление закономерностей распространения различных генетических типов высококалийных горных пород Карелии и в первую очередь кислых вулканитов, близких по составу „фарфоровым камням“. Наиболее перспективными в этом отношении являются район Костомукшского железорудного месторождения и Шуэзерская структура (Восточно-Карельская синклинали подзона карелид).

3. Разработка эффективных промышленных схем обогащения кислых вулканогенных и других типов пород с целью получения высококалийных маложелезистых концентратов высокой чистоты.

1. Августиник А.И., Синцова И.Т. О повышении механической прочности фарфора при замене в нем кварца кристаллизующимся стеклом – Стекло и керамика, 1967, № 4, с. 22–25.
2. Августиник А.И., Страхов В.М., Крупкин Ю.С., Ротенфельд М.М. Некоторые структурные особенности гусевского камня. – Стекло и керамика, 1975, № 3, с. 33–35.
3. Августиник А.И. Керамика. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л., 1975., 591 с. с ил.
4. Архангельская И.Н., Выменец В.И. способ обогащения гранитов. Авт. свидетельство СССР № 179698, класс 1С 10/10. – Бюлл. изобретен., 1968, № 6.
5. Барашенков Г.И. О влиянии состава полевого шпата на некоторые свойства высоковольтного фарфора. – Тр. ГИЭКИ, 1956, вып. 1, с. 45–62.
6. Бейтс Р.Л. Геология неметаллических полезных ископаемых. Пер. с англ. М., 1965, 546 с.
7. Велов Ю.И., Бреслер С.М., Пекки А.С., Кулма-ла Т.К. Кварцевые порфиры Карелии – новый источник полевошпатового сырья. – Разведка и охрана недр, 1973, № 6, с. 7–10.
8. Богачев А.И., Зак С.И., Инина К.А., Сафронова Г.П. Геология и петрология Еletzозерского массива габброидных пород Карелии. М.–Л., 1963, 160 с.
9. Борзунов В.М. Полевошпатовое сырье. – В кн.: Требования промышленности к качеству минерального сырья, вып. 12. М., 1960, 27 с.
10. Борзунов В.М. Геолого–промышленная оценка месторождений нерудного минерального сырья. М., 1971, 272 с.
11. Борисов П.А. Керамические пегматиты Карело–Финской ССР. Петрозаводск, 1948, 186 с.
12. Борисов П.А. Керамические пегматиты СССР и их заменители. М., 1954, 270 с.
13. Борисов П.А. Новые источники полевых шпатов и их заменители. Стекло и керамика, 1962, № 5, с. 28–27.
14. Борсук А.М., Цветков А.А. Трахиты Череха Безенгийского на Северном Кавказе как возможное сырье для керамической промышленности. – В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., 1975, с. 63–68.
15. Вияклер Г. Генезис метаморфических пород. Пер. с нем. М., 1969, 247 с.
16. Воронков Г.Н. О влиянии свободного кварца на изменение модуля упругости фарфора при нагревании и охлаждении. – Тр. ГИЭКИ, 1956, вып. 1, с. 118–123.
17. Гальперина М.К., Павлов В.Ф., Алейникова Т.Н. Кварц–серицитовые сланцы Усть–Кяхтинского месторождения для производства санитарно–строительной керамики и кислотоупоров. – Стекло и керамика, 1967, № 6, с. 31–33.

18. Г и л я р о в а М.А. Кварцевые порфиры и кератофиры Центральной Карелии. – Учен. зап. Ленингр. гос. ун-та, 1957, № 215. Сер. геохимия, вып. 8, с. 58–83.
19. Г и л я р о в М.А. Стратиграфия, структуры и магматизм докембрия восточной части Балтийского щита. Л., 1974. 223 с.
20. Г и н з б у р г А.И., А р х а н г е л ь с к а я В.В., Ш а ц к а я В.Т. Полевощпатовые метасоматиты – новый генетический тип редкометалльного сырья. – Разведка и охрана недр, 1973, № 1, с. 11–17.
21. Г л е б о в а – К у л ь б а х Г.О. Типы нижнепротерозойских гипабиссальных гранитоидов Южной Карелии. – Тр. Лаб. геол. докембрия, АН СССР, 1960, вып. 11, с. 93–110.
22. Г о р л о в Н.В. Структура беломорид (Северо-Западное Беломорье). Л., 1967, 111 с.
23. Г о р л о в Н.В. Структурный контроль пегматитов Беломорья. Л., 1973, 95 с.
24. Г о р л о в Н.В. Структурные основания к прогнозу месторождений пегматитов в Северо-Западном Беломорье. – В кн.: Мусковитовые пегматиты СССР. Л., 1975, с. 146–153.
25. Г р о д н и ц к и й Л.Л. Текстурно-минералогическая классификация слюдоносных пегматитов Северной Карелии. – Тр. Ин-та геологии Карельск. филиала АН СССР, 1969, вып. 4, с. 99–115.
26. Г р о д н и ц к и й Л.Л. О вертикальной зональности в слюдоносных пегматитах Северной Карелии. – Тр. Ин-та геологии Карельск. филиала АН СССР, 1969, вып. 4, с. 116–123.
27. Д е г т я р е в Е.В., П е к к и А.С. Пегматиты Улягеской группы месторождений в Южной Карелии – перспективная база сырья для Кондопожского завода. – В кн.: Техническая информация. Сер. Промышленность нерудн. и неметаллорудн. матер., вып. 9. М., 1967, с. 3–4.
28. Ж е л у б о в с к и й Ю.С., О з е р о в И.М., Р о х л и н М.И., С а ф р о н о в Н.И. Геология и полезные ископаемые Туломозерско-Соддерского района юго-западной Карелии. Петрозаводск, 1937, 231 с.
29. К а й р я к А.И., Х а з о в Р.А. Иотнийские образования северо-восточного Приладожья. – Вестн. Ленингр. гос. ун-та, 1967, № 12. Сер. геол., вып. 2, с. 62–72.
30. К в я т к о в с к а я К.К. Местное сырье для проектируемых керамических комбинатов. – Стекло и керамика, 1965, № 4, с. 17–20.
31. К е в л и ч В.И., М и н а к и н а Л.С. Исследования обогатимости кислых вулканогенных пород. – Тез. докл. на межобластной конференции молодых ученых. Петрозаводск, 1969, с. 28–29.
32. К и т а й г о р о д с к и й И.И. Стекло и стекловарение. М., 1950, 416 с.
33. К о з ы р е в В.В., С л е п н е в Ю.С. Е р о х и н а Л.В. Вулканические породы как сырье для керамической промышленности. Обзор. М., 1975, 45 с. (Всесоюз. НИИ науч.-техн. информации и экономики пром. строит. материалов).
34. К о п т е в – Д в о р н и к о в В.С., Я к о в л е в а Е.Б. П е т р о в а М.А. Вулканогенные породы и методы их изучения. М., 1967, 331 с.
35. К о т и л е в с к а я В.И., П и с ц о в а Е.П. Совершенствование метода учета калькулирования себестоимости в апатит-нефелиновой промышленности. – В кн.: Совершенствование методов исчисления себестоимости продукции в горной промышленности. Л., 1965.
36. К р а т ц К.О. Геология карелид Карелии. М.–Л., 1963, 210 с. (Тр. Лаб. геол. докембрия, вып. 16).

37. К у н и ц ы н В.Л. Источники полевошпатового сырья в Ленинградской области. – В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР. Л., 1967, с. 200–208.
38. К у н и ц ы н В.Л., Ш у в а л о в а Н.Г. Основные тенденции развития полевошпатового производства за рубежом. – В кн.: Состояние и перспективы расширения минерально-сырьевой базы Северо-Запада РСФСР. Л., 1973, с. 232–239.
39. К у х а р е н к о А.А., О р л о в а М.П., Б о г д а с а р о в Э.А. Щелочные габброиды Карелии (Ельтозерский массив – петрология, минералогия, геохимия). Л., 1969, 184 с.
40. М а г и д о в и ч В.И., П е т р о в В.П. О шеблувском керамическом полевошпате и процессах выветривания в Нижней Силезии. – В кн.: Петрография и минералогия перлита, керамического сырья и слюды. М., 1961, с. 126–133. (Тр. ИГЕМ, вып. 48).
41. М а г и д о в и ч В.И. Полевошпатовое сырье, его генетические типы и принципы оценки., 1964, 144 с.
42. М а г и д о в и ч В.И., Р е в н и ц е в В.И. Использование в изоляторной промышленности дезинтегрированных полевошпатсодержащих пород. М., 1966, 50 с.
43. М а г и д о в и ч В.И., М а к а р о в М.М. К комплексной оценке сырья при разведке месторождений каолина. – Разведка и охрана недр, 1967, № 2, с. 11–15.
44. М а г и д о в и ч В.И. Проблема щелочных каолинов. – В кн.: Неметаллические полезные ископаемые. М., 1971, с. 10–38.
45. М а г и д о в и ч В.И., Ф и н ь к о В.И. Фарфоровые камни. – В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., 1975, с. 48–62.
46. М а с л е н и к о в а Г.Н., Б у ч е н к о в а А.Ф. Сырьевые материалы и расчет масс высоковольтного фарфора. – Информэлектро, 1970, 47 с.
47. М и н а к и н а Л.С., К е в л и ч В.И. О результатах лабораторных исследований обогатимости пегматитов месторождения Линнаваара (Питкярантский район КАССР). – Тез. докл. на Межобл. конф. молодых ученых. Петрозаводск, 1969, с. 30.
48. М и ш а р е в Д.Г., С м и р н о в а В.С., А м е л а н д о в А.С. Стратиграфия, тектоника и пегматитоносность Северо-Западного Беломорья. Л., 1960, 112 с. (Тр. Всесоюзного науч.-исслед. геол. ин-та).
49. Н и к а н о р о в А.С., Р ы ц к Ю.Е., Б а б о ш и н В.П. Закономерности размещения слюдоносных пегматитов Северо-Западного Беломорья. Л., 1971, 67 с.
50. Н и к а н о р о в А.С. О происхождении межбудинных пегматитов. – В кн.: Слюда и пьезооптическое сырье. Л., 1974, с. 62–64. (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т. 233, вып. 4).
51. Н и к и т и н В.Д. Генетические типы пегматитов северо-восточного побережья Ладожского озера. – Изв. Карело-Финской научн.-исслед. базы АН СССР, 1947, № 1–2, с. 28–38.
52. Н и к и т и н В.Д., Ш у р к и н К.А. О генезисе северо-ладожских пегматитов и их промышленной ценности. – Изв. Карело-Финской научн.-исслед. базы АН СССР, 1948, № 2, с. 12–30.
53. Н и к и т и н В.Д., Р у д е н к о С.А., Э ш к и н В.Ю. Типы хрусталеносных пегматитов Урала и условия их образования. – В кн.: Пегматиты. Минералогия, генезис и промышленная оценка. Л., 1972, с. 151–159.
54. О б о г а щ е н и е апатито-нефелиновых руд Хибинского массива. Под ред. Г.А. Голованова. Мурманск, 1967, 175 с.

55. Павлов Р.И. Геолого-структурные особенности и условия размещения пегматитов Кетменчинского поля. – В кн.: Пегматитовые редкометальные месторождения, вып. 2. М., 1971, с. 82–87.
56. Павлов Р.И., Мелентьев Г.Б., Тохтасьев В.С., Козыренко И.Н. Перспективы комплексного использования редкометальных месторождений. – В кн.: Экономика минерального сырья и геолого-разведочных работ. Экспрессинформация, № 3. М., 1975, с. 6–26.
57. Пекки А.С., Свириденко Л.П. Новый источник кварцполевошпатового сырья в Карелии. – Стекло и керамика, 1985, № 4, с. 10–11.
58. Пекки А.С., Кулмала Т.К. Граниты рапакиви – новое полевошпатовое сырье. – В кн.: Новые пути использования минерального сырья Карелии. Петрозаводск, 1985, с. 5–12.
59. Пекки А.С. Генетические типы полевошпатового сырья Карелии. – В кн.: Вопросы геологии и закономерности размещения полезных ископаемых Карелии. Петрозаводск, 1986, с. 38–60.
60. Пекки А.С. Возможность использования эффузивных пород Костомукшского железорудного месторождения в качестве полевошпатового сырья. – В кн.: Техническая информация. Сер. Промышленность нерудн. и неметаллоруд. матер., вып. 1. М., 1967, с. 3–6.
61. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенезиса. М., 1972, 288 с.
62. Песков В.В., Путрин Н.М. Перспективы развития производства полевошпатового концентрата на Вишневогорской фабрике. – Тр. Ин-та ГИПРОНИМЕТАЛЛУРУД, 1969, вып. 5, с. 102–108.
63. Песков В.В., Сусликов Б.Ф., Комаров А.М. Экономическая эффективность применения нефелин-полевошпатового концентрата в стекольной промышленности. – Стекло и керамика, 1971, № 8, с. 38–40.
64. Погребницкий Е.О., Иванов Н.В., Скропышев А.В., Терновой В.И. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., 1968, 460 с.
65. Погребницкий Е.О., Терновой В.И. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Л., 1974., 303 с.
66. Полканов А.А. Геология хогландия-иоттия Балтийского щита (стратиграфия, тектоника, кинематика, магматизм). Л., 1956, 122 с. (Тр. Лаб. геол. докембрия АН СССР, вып. 6).
67. Прокопьева Т.Г. Исследование на обогатимость гранитов рапакиви Приладожского месторождения для получения калиевого концентрата. – В кн.: Техническая информация. Сер. Промышленность нерудн. и неметаллорудн. матер., вып. 6. М., 1965, с. 8–9.
68. Пузь В.В., Рашин Г.А. и Каргина Г.Г. Исследование возможности применения альбитофиоров для производства полубелой тары. – В кн.: Производство и исследование стекла и силикатных материалов, Вып. 2. Владимир, 1971, с. 8–11.
69. Разоренова В.И., Левицкая Т.Н., Пекки А.С. Основные результаты работ по подготовке полевошпатовой сырьевой базы керамической промышленности на Северо-Западе и ближайшие задачи по ее расширению. – В кн.: Состояние и перспективы расширения минерально-сырьевой базы Северо-Запада РСФСР. Л., 1973, с. 267–272.
70. Рашин Г.А., Пузь В.В., Каргина Г.Г., Любимов О.К. Исследование возможностей применения вулканической породы в качестве сырьевого материала для производства тарного стекла. – В кн.: Производство и исследование стекла и силикатных материалов, вып. 4. Ярославль, 1974, с. 5–9.

71. Ревнивцев В.И., Афанасьева Р.Ф. Состояние обогащения полевошпатового сырья в СССР и перспективы его развития. - Тр. Ин-та ГИПРОНИМЕТАЛЛУРОД, 1968, вып. 3, с. 126-155.
72. Ревнивцев В.И. Обогащение полевых шпатов и кварца. М., 1970, 129 с.
73. Робонен В.И. Стратиграфия и тектоника протерозоя Шуэзерского синклиналия (Восточная Карелия). - Тр. Карельск. филиала АН СССР, 1963, вып. II, с. 54-60.
74. Родионов Г.Г. Классификация пегматитов и особенности процесса пегматитообразования. - В кн.: Геология месторождений редких элементов, вып. 22. М., 1964, с. 82-115.
75. Руденко С.А. Процессы перекристаллизации и метасоматоза и их роль в формировании горных пород и руд щелочных массивов. - В кн.: Пегматиты. Минералогия, генезис и промышленная оценка. Л., 1972, с. 219-233.
76. Рыцк Ю.Е. О полициклических пегматитах Карело-Кольского региона. - В кн.: Слюда и пьезооптическое сырье. Л., 1974, с. 57-61. (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т.233, вып. 4).
77. Рыцк Ю.Е. Тектонические условия формирования слюдоносных пегматитов. - В кн.: Геологические факторы контроля слюдоносных пегматитов. М., 1972, с. 225-231. (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т. 187).
78. Рыцк Ю.Е. Тектонические условия формирования слюдяных пегматитов месторождения Плотина (Сев. Карелия). - Зап. Ленингр. горного ин-та, 1959, т. 35, вып. 2, с. 29-46.
79. Салее М.Е. Металлогенические формации пегматитов восточной части Балтийского щита. - В кн.: Мусковитовые пегматиты СССР. Л., 1975, с. 15-36.
80. Сафронова Г.П. К находке акцессорного хризоберилла в пегматитах Северного Приладожья. - Тр. Ин-та геолог. Карельск. филиала АН СССР, 1971, вып. 7, с. 56-61.
81. Свириденко Л.П. Петрология Салминского массива гранитов рапакиви (в Карелии). Петрозаводск, 1968, 116 с. (Тр. Ин-та геологии Карельск. филиала АН СССР, вып. 3).
82. Сиваев В.В. Новое полевошпатовое сырье в Карелии. - Разведка и охрана недр, 1966, № 7, с. 11-13.
83. Сканава Г.И., Машкович М.Д. Природа электропроводности высоковольтного фарфора. - Тр. ГИЭКИ, 1956, вып. 1, с. 63-78.
84. Скропышев А.В. О некоторых закономерностях в пространственном распределении пегматитовых образований Северной Карелии. - Бюлл. техн. информ. Ленгеолнерудтреста, 1948, № 6.
85. Скропышев А.В. Геологопромышленные типы месторождений слюдоносных пегматитов и их поисковые предпосылки. - Зап. Ленингр. горного ин-та, 1965, т. XLIX, вып. 2.
86. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Изд. 2-е. М., 1969, 687 с.
87. Соколов В.А., Галдобина Л.П., Рылеев А.В., Сацук Ю.И. и др. Геология и палеогеография **ятулийских** отложений Центральной Карелии. Петрозаводск, 1970, 366 с.
88. Судовиков Н.Г., **Геолого-петрографический очерк Шуэзерского района.** Л.-М., 1934, 54 с. (Тр. Ленингр. Геол.-гидро-геодез.треста, вып. 6).
89. Сыстра Ю.И. О складчатых структурах района Пиземские озера - Каменные озера (Зап. Беломорье). - Докл. АН СССР, 1972, т. 202, № 5, с. 1155-1158.

90. Тараева Т.И., Никулина Л.Н. Применение „гусевского камня“ в керамических массах. - Стекло и керамика, 1965, № 4, с. 14-16.
91. Тимофеев В.М. Петрография Карелии. М.-Л., 1935, 256 с.
92. Тр. ин-та ГИПРОНИМЕТАЛЛУРОД, вып. 4. Геолого-экономическая оценка месторождений полевошпатового сырья. Л., 1970, 255 с.
93. Филинцев Г.П., Митрофанова З.Т. Промышленная оценка керамических пегматитов Приладожья - Изв. Карело-Финского филиала АН СССР, 1951, № 3, с. 3-11.
94. Хазов Р.А. Геологические особенности оловянного оруднения Северного Приладожья. Л., 1973, 87 с. (Тр. Ин-та геол. Карельского филиала АН СССР, вып. 15).
95. Чернов В.М., Инина К.А., Горьковец В.Я., Равевская М.Б. Вулканогенные железисто-кремнистые формации Карелии. Петрозаводск, 1970, 282 с. (Тр. Ин-та геол. Карельск. филиала АН СССР, вып. 5).
96. Чуйкина Е.П. Структура и пегматитоносность Северной Карелии. - В кн.: Мусковитовые пегматиты СССР. Л., 1975, с. 153-159.
97. Шувалова Н.Г. Полевошпатовая продукция, эксплуатационные расходы и существующие цены на нее. - Тр. Ин-та ГИПРОНИМЕТАЛЛУРОД, 1969, вып. 5, с. 116-127.
98. Шуркин К.А. Геологический очерк Питкярантского поля керамических пегматитов (северо-восточное Приладожье). М.-Л., 1958, 89 с.
99. Шуркин К.А. и др. Беломорский комплекс Северной Карелии и Юго-Запада Кольского полуострова (геология и пегматитоносность). М.-Л., 1962, 306 с. (Тр. Лаб. геол. докембрия АН СССР, вып. 14).
100. Этапы тектонического развития докембрия Карелии. Л., 1973, 174 с. (Тр. Ин-та геол. Карельск. филиала АН СССР, вып. 16).
101. Юсупов С.Ю., Дзедобоев А.И. Опыт обогащения лейкократовых гранитов. - Стекло и керамика, 1965, № 4, с. 8-9.
102. Carroll Rogers Jr, Feldspar, Aplite and Nepheline Syenite. Industr. Minerals Rev. Mining Engineering, 1974, vol. 26, N 2, p. 108-109; 1975, vol. 27, N 2, p. 75-76.
103. Dlugosz W, Dymel J. Nozliwosci uszlachetniania leukogranitu z Gor Izerskich. - Szklo i ceram., 1965, vol. 16, N 6, p. 170-172.
104. Dlugosz W., Ociepa Z. Uszlachetnianie porfiru felzytowego z masywu Trojgarbu. - Szklo i ceram., 1972, vol. 23, N 4, p. 112-113.
105. Metzger A. Die jatulischen Bildugen von Suojarvi in Ostfinnland. - Bull. Commiss heol. Finlande, 1924, N 64, 86 S.
106. Wells Robert J. Feldspar, Nepheline Syenite and Aplite. - Minerals Yearb., 1969, vol. 1-11.
107. Winogradow L., Krupa A. Prace nad otrzymaniem skalenia z granitow dolnoslaskich oraz z arkozy kwaczalskie ej. - Szklo i ceram., 1968, vol. 19, N 10, p. 304-310.
108. Heier Knyt S. Layered gabbro, hornblendite, carbonatite and nepneline syenite on Stjernoy, North Norway. Norsk geologisk forening.
109. Castle J.E., Gillison J.L. Feldspar, Nepheline Syenite and Aplite. - Industr. Minerals and Rocks, 1960, p. 339-362.

	Стр.
От редактора	3
Введение	5
Глава 1. Полевошпатовая промышленность Карелии и ее минерально-сырьевая база	7
Краткий очерк истории изучения и освоения месторождений полевошпатового сырья	7
Требования промышленности к качеству полевошпатового сырья	11
Предприятия полевошпатовой промышленности и их сырьевые базы	14
Глава 2. Геолого-промышленная классификация месторождений полевошпатового сырья	21
Глава 3. Пегматитовые месторождения Карелии	39
Пегматиты Чупино-Лоухского района (В.И. Разоренова)	39
Общие сведения	39
Месторождение Хетоламбино	50
Чернореченская группа пегматитов	59
Месторождение Постельное озеро	60
Месторождение Пиртима	61
Пегматиты Ке мско-Беломорского района (В.И. Разоренова)	63
Общие сведения	63
Месторождение Слюдяной Бор	66
Месторождение Торлов Ручей	78
Пегматиты Приладжья	79
Общие сведения	79
Месторождение Лупикко	83
Месторождение Линнаваара	90
Пегматиты Улялегского поля	97
Общие сведения	97
Месторождение Брусничное	101
Месторождение Кюрьяла	103
Месторождение Большое	114
Глава 4. Новые типы месторождений полевошпатового сырья	118
Граниты рапакиви Питкярантского (Салминского) массива	118
Кварцевые порфиры месторождения Роза Ламби	126
Кислые вулканогенные породы Костомукши	134
Заключение	141
Литература	146